



**Universidade de Aveiro** Departamento de Ambiente e Ordenamento  
Ano 2015

**Ana Lúcia Ferreira  
Leal**

**Gestão de Energia em Ambiente Industrial**





**Ana Lúcia Ferreira  
Leal**

## **Gestão de Energia em Ambiente Industrial**

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor Joaquim Borges Gouveia, Professor Catedrático Aposentado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e coorientação científica do Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.



## **O júri**

### **Presidente**

Professor Doutor António José Barbosa Samagaio  
Professor Associado, Departamento de Ambiente e Ordenamento- Universidade Aveiro

### **Vogal- Arguente Principal**

Professor Doutor Fernando José Neto da Silva  
Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica- Universidade Aveiro

### **Vogal- Orientador**

Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos  
Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica- Universidade Aveiro



## **Agradecimentos**

Ao longo do meu percurso académico na Universidade de Aveiro e também ao longo da realização deste trabalho pude contar com a ajuda e o apoio de várias pessoas. Assim, passo a agradecer e a citá-las.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais pelo apoio constante, ajuda e incentivo em todos os momentos, ao longo deste percurso.

Ao Professor Doutor Joaquim Borges Gouveia e ao Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos agradeço a ajuda, apoio, sugestões e críticas bastante úteis no desenvolvimento deste trabalho.

À empresa Sociedade da Água de Luso, S.A. por me ter dado a possibilidade de realizar o estágio curricular nas suas instalações.

Ao Engenheiro Daniel dos Santos pela coordenação, ajuda e apoio prestado ao longo da realização do trabalho, desenvolvido na Sociedade da Água de Luso, S.A..

Agradeço também a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com a sua ajuda, apoio, pronta disponibilidade, esclarecimentos e sugestões prestados para alcançar os objetivos deste trabalho, em particular ao Engenheiro Marco Maltez, ao Engenheiro Manuel Abrantes e aos restantes colaboradores desta empresa.

Aos meus amigos pela ajuda e palavras de motivação.





## **Palavras-chave**

Ar comprimido, Equipa de redução de energia, Iluminação, Medidas de eficiência energética, Sistema de monitorização e recolha dados

## **Resumo**

A Sociedade da Água de Luso, S.A., localizada no concelho de Mealhada, é uma empresa do setor do engarrafamento de águas minerais naturais, de nascente e de consumo humano. Esta realiza as suas atividades, tendo em consideração a eficiência energética, ao longo do seu processo produtivo.

Desta forma, o trabalho desenvolvido teve como objetivo o acompanhamento da implementação do sistema de monitorização e recolha de dados, que posteriormente foi útil na redução dos consumos energéticos (consumo de ar comprimido). Para além disto, também foi proposta uma medida de eficiência energética que visa a redução de energia elétrica na área da iluminação.

O sistema de monitorização e recolha de dados e a criação de uma equipa de redução do consumo de ar comprimido permitiram a identificação das áreas de atuação, a monitorização das metas estipuladas no âmbito da equipa e a detecção de anomalias. A medida de eficiência energética aplicada incide na substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por lâmpadas fluorescentes tubulares T5.

Assim, a implementação deste sistema e a aplicação das medidas de eficiência energética na rede de ar comprimido no âmbito da equipa permitiram uma redução de 0,03 kWh/hL o que significa uma poupança de 5.600 € em quinze semanas. Ao nível da iluminação as medidas sugeridas permitem uma redução de 8.945 kWh/ano o que corresponde a uma poupança de 1.055 €/ano.



**Keywords**

Air demand, Energy efficiency, Improvement team, Lighting, Monitoring systems and data recovery

**Abstract**

The Luso Water Society is located in the municipe of Mealhada and is a bottled water plant which reserves natural mineral water, spring water and water for the human consume. Its activities are performed taking in account the energy efficiency over its production processes.

In this context, the aim of this work was to follow an implementation of the monitoring systems and data recovery as tools for decreasing of the energy in terms of the air demand. Besides, it was proposed an energy efficiency strategy that had as the main target the reduce of the electrical power.

The monitoring system and data recovery, and a reduction in the consumption of the air demand team was created which allowed to define operating areas, monitoring of targets defined as part of the team and detection of anomalies. At the same time a new strategy was proposed to optimize the electrical power too. A revaluation of the illumination system was made comparing two types of tubular fluorescent lamps and a consequent replacement of T8 by T5 lamps was made.

It was observed a reduce of 0,03 kWh/hL of the air demand and 8.945 kWh per year of the electrical power which means the savings of 5.600 euros in 15 weeks and 1.055 euros per year, respectively.



## Índice

Lista de Acrónimos.....	x
Lista de Siglas.....	xi
Lista de Símbolos .....	xii
Capítulo 1- Introdução.....	1
1.1    Enquadramento .....	1
1.2    Motivação e objetivos do trabalho.....	1
1.3    Metodologia .....	2
1.4    Estrutura do trabalho.....	3
Capítulo 2- Revisão Bibliográfica .....	5
2.1    Enquadramento Energético.....	5
2.1.1.    Política Energética na União Europeia.....	6
2.1.2.    Política Energética Nacional .....	7
2.1.3.    Setor Industrial .....	12
2.1.4.    Sistema de Gestão de Energia- Norma ISO 50001 .....	17
2.1.5.    Auditoria Energética .....	19
2.2    Sistemas de supervisão e controlo .....	21
2.3    Medidas de redução de consumo energético .....	25
2.3.1.    Ar comprimido .....	25
2.3.2.    Iluminação.....	27
Capítulo 3- Sociedade da Água de Luso, S.A. ....	37

3.1	Apresentação da empresa.....	37
3.2	Planta da unidade fabril do Cruzeiro .....	40
3.3	Descrição do processo produtivo associado ao enchimento das garrafas/garrafões 41	
3.3.1.	Descrição do processo produtivo associado ao enchimento de garrafas de vidro .	41
3.3.2.	Descrição do processo produtivo associado ao enchimento dos garrafões de 18,9 L .....	44
3.3.3.	Descrição do processo produtivo associado ao enchimento das garrafas/garrafões de “PET” .....	46
3.4	Caracterização energética .....	49
Capítulo 4- Sistema de monitorização e recolha de dados .....		51
4.1	Caraterização das funcionalidades do interface de utilizador.....	51
4.2	Caraterização e constituição do sistema .....	57
4.2.1	Distribuição de Energia Elétrica .....	62
4.2.2	Distribuição de Ar Comprimido.....	66
4.2.3	Distribuição de Água.....	70
4.2.4	Armazenagem e Captação de Água .....	71
4.2.5	Distribuição de Vapor .....	72
Capítulo 5- Análise e organização das medidas de eficiência energética na rede de ar comprimido.....		75
5.1.	Descrição da central de ar comprimido .....	75
5.2.	Metodologia .....	77
5.2.1.	Aplicação dos Passos da Metodologia .....	80

Capítulo 6- Medida eficiência energética aplicada.....	93
6.1. Iluminação .....	93
Capítulo 7- Conclusão .....	113
7.1. Principais Conclusões .....	113
7.2. Limitações e Perspetivas de Desenvolvimento Futuro .....	114
Referências bibliográficas .....	117

## Índice de Figuras

Figura 2.1- Modelo do Sistema de Gestão de Energia para a ISO 50001. ....	18
Figura 2.2- Esquema de ligação de um SCC. ....	23
Figura 2.3- <i>Software</i> WinCC. ....	24
Figura 2.4- <i>Software</i> Movicon. ....	25
Figura 2.5- Lâmpada incandescente halogenada. ....	30
Figura 2.6- Lâmpada fluorescente tubular T5, T8, T10, T12. ....	31
Figura 2.7- Lâmpadas fluorescentes compactas (CFL's). ....	31
Figura 2.8- Lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão. ....	32
Figura 2.9- Lâmpadas de iodetos metálicos. ....	32
Figura 2.10- Lâmpadas LED- <i>Light Emiting Diode</i> (Díodo Emissor de Luz). ....	33
Figura 3.11- Evolução do logótipo associado à marca Luso. ....	39
Figura 3.12- Planta da unidade Fabril do Cruzeiro. ....	40
Figura 3.13- Fluxograma do processo produtivo associado ao enchimento das garrafas de vidro. ....	43
Figura 3.14- Fluxograma do processo produtivo associado ao enchimento dos garrafões 18,9 L. ....	45
Figura 3.15- Fluxograma do processo produtivo associado ao enchimento de garrafas "PET". ....	48
Figura 3.16- Distribuição dos consumos energéticos, por tipo de energia, em tep. ....	50
Figura 3.17- Distribuição de custos, por tipo de energia, em euros. ....	50
Figura 4.18- Menus existentes no <i>software</i> . ....	52
Figura 4.19- Menu Cartas. ....	53
Figura 4.20- Submenu Canais. ....	54
Figura 4.21- Menu Classes. ....	54



Figura 4.22- Menu Variáveis.....	55
Figura 4.23- Menu Páginas.....	56
Figura 4.24- Carta com quatro entradas. ....	58
Figura 4.25- Esquema do sistema de monitorização e recolha de dados. ....	61
Figura 4.26- Esquema de ligação do sistema de monitorização de energia elétrica. ....	62
Figura 4.27- Ilustração final do procedimento de criação das variáveis. ....	64
Figura 4.28- Gráfico totalizador correspondente ao PT1, nos meses de março a julho. ....	65
Figura 4.29- Gráfico totalizador correspondente às linhas L01C, L02C, L03C e L04C, nos meses de março a julho.....	65
Figura 4.30- Esquema de ligação do sistema de monitorização de ar comprimido. ....	66
Figura 4.31- Valores do consumo de ar comprimido por dia no mês de maio.....	68
Figura 4.32- Valores do consumo de ar comprimido relativo às quatro linhas de enchimento nos meses de março a julho. ....	68
Figura 4.33- Caudalímetros com o valor instantâneo do caudal de ar comprimido, de cada linha. ....	69
Figura 4.34- Valores totais do ar comprimido referente às quatro linhas de enchimento, do mês de março a junho. ....	69
Figura 4.35- Valores diários, totais do ar comprimido referente às quatro linhas de enchimento. ....	70
Figura 4.36- Esquema de ligação do sistema de monitorização da distribuição da água...	71
Figura 5.37- Esquema da central de ar comprimido. ....	76
Figura 5.38- Consumo de energia elétrica anual, dos vários consumidores (kWh), ano 2013. ....	81
Figura 5.39- Consumo de ar comprimido, em m <sup>3</sup> , nas linhas no ano 2013 e 2014.....	81
Figura 5.40- Etiqueta. ....	82
Figura 5.41- Plano limpeza, Inspeção, Lubrificação (CILT). ....	87
Figura 5.42- Metodologia 5Porquês. ....	88

Figura 5.43- Consumo de ar comprimido linha L03C ( $\text{m}^3/\text{hL}$ ).....	89
Figura 5.44- Consumo de ar comprimido na linha L04C ( $\text{m}^3/\text{hL}$ ). ....	90
Figura 5.45- Consumo de ar comprimido global ( $\text{kWh/hL}$ ).....	90
Figura 5.46- Detecção de uma fuga de ar comprimido na linha L02C. ....	91
Figura 5.47- Identificação de uma fuga através do software (valores do consumo de ar comprimido no mês de Maio).....	91
Figura 6.48- Consumo de energia elétrica, na área dos serviços gerais, no ano 2013. ....	93
Figura 6.49- Distribuição do consumo de energia elétrica na oficina de manutenção. ....	94
Figura 6.50- Luminária com refletores parabólicos. ....	96
Figura 6.51- Luminária com difusor em policarbonato.....	96
Figura 6.52- Luminária com refletores planos. ....	96
Figura 6.53- Luminária sem proteção. ....	96
Figura 6.54- Distribuição da iluminância no espaço comum (1). ....	99
Figura 6.55- Distribuição da iluminância no espaço comum (2). ....	100
Figura 6.56- Distribuição da iluminância na oficina mecânica. ....	100
Figura 6.58- Distribuição da iluminância no armazém (1).....	101
Figura 6.57- Distribuição da iluminância no corredor/saída do armazém de material subsidiário.....	101
Figura 6.59- Distribuição da iluminância no armazém (2).....	102
Figura 6.60- Distribuição da iluminância no WC homens. ....	102
Figura 6.61- Distribuição da iluminância no WC mulheres.....	103
Figura 6.62- Distribuição da iluminância na copa.....	103
Figura 6.63- Distribuição da iluminância no gabinete 1. ....	104
Figura 6.64- Distribuição da iluminância no gabinete- sala de reuniões. ....	104
Figura 6.65- Distribuição da iluminância no gabinete 2. ....	105
Figura 6.66- Distribuição da iluminância no arquivo (1). ....	105

Figura 6.67- Distribuição da iluminância no arquivo (2). .....	106
Figura 6.68- Distribuição da iluminância no arquivo (3). .....	106
Figura 6.69- Distribuição da iluminância na oficina elétrica/bancada de testes. ....	107
Figura 6.70- Distribuição da iluminância na oficina de automação. ....	107
Figura 6.71- Distribuição da iluminância no armazém de lubrificantes. ....	108
Figura 6.72- Distribuição da iluminância nos arrumos. ....	108
Figura 6.73- Período de retorno (anos) em cada local. ....	111

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1- Periodicidade das auditorias energéticas e do plano de racionalização dos consumos de energia dos respetivos consumos energéticos.....	14
Tabela 2.2- Incentivos para a promoção da eficiência energética. ....	16
Tabela 2.3- Etapas relativas à implementação do plano M&V. ....	21
Tabela 2.4- Fator de depreciação e fator de manutenção. ....	29
Tabela 2.5- Características dos vários tipos de lâmpadas. ....	34
Tabela 3.6- Consumos e custo de energia, no ano 2009.....	49
Tabela 5.7- Plano de ação nas linhas L03C e L04C.....	83
Tabela 6.8- Características e consumo das lâmpadas existentes, em cada local. ....	95
Tabela 6.9- Características e consumo das lâmpadas fluorescentes tubulares T5, em cada local. ....	98
Tabela 6.10- Custos associados à troca de lâmpadas ....	109
Tabela 6.11- Custos associados à troca de armaduras.....	109
Tabela 6.12- Resumo Situação inicial vs Situação proposta. ....	110

## Índice de Quadros

Quadro 2.1- Medidas Transversais.....	10
---------------------------------------	----

## Lista de Acrónimos

ARCE	Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia
DGAIEC	Direção Geral de Alfândegas e Impostos Especiais sobre o Consumo
DGEG	Direção Geral da Energia e Geologia
ESCOs	Companhia de Serviços de Energia, do inglês <i>Energy Service Companies</i>
FER	Fontes de Energias Renováveis
IDE	Indicador de Desempenho Energético
ISO	Organização Internacional de Normalização, do inglês <i>International Organization for Standardization</i>
kgep	Quilogramas Equivalentes de Petróleo
LVEE	Livro Verde para a Eficiência Energética
MOVICON	Monotorização, Visão e Controlo, do inglês <i>Monitoring, Vision, and Control</i>
PAEE	Plano de Ação para a Eficiência Energética
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PNALE	Planos Nacionais de Atribuição de Licenças de Emissão
PREn	Planos de Racionalização do Consumo de Energia
SCADA	Sistemas de Supervisão e Aquisição de dados, do inglês <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
VAB	Valor Acrescentado Bruto

## Lista de Siglas

AMS	Armazém Material Subsidiário
CFL	Lâmpada Fluorescente Compacta
CIE	Consumidor Intensivo de Energia
CLP	Controlador Lógico Programável
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
ENE	Estratégia Nacional para a Energia
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
HMI	Interface Homem-Máquina, do inglês <i>Human Machine Interface</i>
IRC	Índice Restituição Cromática
ISP	Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos
LED	Díodo Emissor de Luz, do inglês <i>Light Emitting Diode</i>
MTDs	Melhores Tecnologias Disponíveis
M&V	Medição e Verificação
O&M	Operação e Manutenção
PET	Politereftalato de Etileno
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
PT	Posto Transformação
RGCE	Regulamento de Gestão dos consumos Energéticos
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SSC	Sistema de Supervisão e Controlo
TPM	Total Productive Maintenance

## Lista de Símbolos

€	Euro
h	Hora
hL	Hectolitro
lm	Lúmen
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
kg	Quilograma
kWh	Quilowatt hora
W	Watt



## **CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO**

### **1.1 ENQUADRAMENTO**

O presente tema enquadra-se no cenário atual das preocupações associadas à escassez de energia fóssil, à libertação de gases com efeito de estufa, aos elevados consumos energéticos, e à legislação lançada pelos países desenvolvidos. As preocupações descritas são as grandes impulsionadoras da procura de melhores tecnologias disponíveis, nomeadamente equipamentos mais eficientes e soluções que permitam controlar e monitorizar os consumos energéticos das empresas, de modo a diminuir a fatura energética e a melhorar o desenvolvimento sustentável.

O trabalho em questão surge na sequência da realização de um estágio curricular na empresa Sociedade da Água de Luso, S.A., no âmbito do Mestrado de Sistemas Energéticos Sustentáveis. Neste trabalho pretende-se acompanhar a implementação do sistema de monitorização e recolha de dados, o qual será útil na criação de uma equipa de redução de energia, associada ao consumo de ar comprimido. Para além disso, e com o intuito de reduzir o consumo energético associado à iluminação será realizado um estudo de viabilidade nesta área.

### **1.2 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS DO TRABALHO**

As principais motivações deste trabalho residem no fato de experienciar diversas situações, nas quais foi possível adquirir novos conhecimentos. A validação e a aprendizagem de todos os conceitos inerentes ao sistema de monitorização e recolha de dados da empresa bem como, a criação de uma equipa de redução de energia, fazem parte da aquisição de novos conhecimentos.

Este trabalho tem como objetivos principais auxiliar na implementação do sistema de monitorização e recolha de dados e validá-lo de modo a ser útil na redução de consumos energéticos, através da criação de uma equipa de redução de energia (consumo de ar comprimido). Nesta equipa pretende-se identificar as áreas que apresentam um consumo elevado de ar comprimido, as possíveis perdas e apresentar medidas para corrigir essas

perdas. Com o intuito de reduzir o consumo energético, na área da iluminação, irá ser realizado um estudo para verificar a viabilidade da substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por lâmpadas fluorescentes tubulares T5.

Este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar as funcionalidades do interface de utilizador do sistema de monitorização e recolha de dados;
- Caracterizar o sistema e descrever as áreas de monitorização que o sistema abrange (energia elétrica, ar comprimido, distribuição de água, armazenagem e captação de água e distribuição de vapor);
- Analisar as etapas da equipa de redução de energia (consumo de ar comprimido), as quais seguem a rota de redução e melhoria de consumo de energia TPM (Total Productive Maintenance);
- Fornecimento de dados através do sistema de monitorização e recolha de dados para identificar as áreas de atuação (com maiores consumos de ar comprimido) e monitorizar as medidas de eficiência energética aplicadas;
- Realização de um levantamento do tipo de iluminação por área, na seção da manutenção. Cálculo dos respetivos consumos energéticos. Proposta da solução que visa reduzir o consumo energético e cálculo do período de retorno.

### 1.3 METODOLOGIA

A metodologia que foi empregue na execução deste trabalho é composta por três etapas.

Na primeira etapa realizou-se o ponto de situação relativo ao sistema de monitorização e recolha de dados, para posteriormente realizar a validação, de modo a colocar o sistema a funcionar com dados fidedignos e o mais funcional possível.

Posteriormente foi realizada uma decomposição dos consumos elétricos por área, onde se identificou o consumo de ar comprimido como a maior perda de energia, e

consequentemente, foi possível participar numa equipa de redução de energia. Através do fornecimento e tratamento dos dados provenientes do sistema de monitorização e recolha de dados foi possível definir as áreas de atuação, monitorizar os resultados provenientes das medidas implementadas e detetar anomalias.

Por último, e para executar o estudo da substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por lâmpadas fluorescentes tubulares T5, foi necessário realizar um levantamento do tipo de iluminação na área da manutenção (número e tipo de lâmpadas, tipo de balastros, potência e horas de funcionamento) e estimar os consumos associados. De seguida calculou-se o consumo associado à situação proposta e o respetivo período de retorno. Para fundamentar este estudo recorreu-se ao *software* de simulação WinELux.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do presente documento é constituída por sete capítulos e seus respetivos subcapítulos, com a informação organizada de modo a permitir uma fácil e rápida compreensão dos assuntos.

O capítulo inicial apresenta o enquadramento, o âmbito, a motivação, os objetivos e a metodologia.

No segundo capítulo são expostos os assuntos que se relacionam com o tema principal e que o introduzem ao longo do trabalho.

No capítulo terceiro realiza-se uma breve apresentação da empresa e do seu processo produtivo. Além disto, faz-se a caracterização energética da mesma.

O quarto capítulo apresenta a estrutura e as funcionalidades do *software*, bem como o trabalho realizado neste âmbito.

No quinto capítulo faz-se a apresentação de uma equipa de redução de energia e dos seus resultados.

No sexto capítulo realiza-se o estudo de uma medida de eficiência energética para reduzir o consumo de energia elétrica, na área da iluminação, no setor da manutenção da empresa.

No último capítulo são relatadas as conclusões finais do trabalho realizado, apresentam-se as limitações encontradas e as perspectivas de desenvolvimento futuro.

## CAPÍTULO 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ENQUADRAMENTO ENERGÉTICO

O setor energético é importante em todo o mundo e em todos os setores de atividade. A energia surge como a principal preocupação do desenvolvimento sustentável pois relaciona-se com os aspetos sociais, económicos e ambientais, (BCSD, 2013).

Portugal é um país com uma elevada intensidade energética, sendo este um indicador da eficiência energética global de um país. A economia portuguesa é caracterizada por apresentar uma intensidade energética e uma intensidade carbónica elevadas e uma dependência muito elevada da importação no que diz respeito ao consumo de energia primária. Nos últimos anos, com as oscilações do preço do petróleo, verificou-se uma perda de competitividade das empresas portuguesas. A nível ambiental, a emissão excessiva de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de outros gases com efeito de estufa é uma das principais consequências da falta de eficiência no consumo de energia obtida da queima dos combustíveis fósseis, (Magueijo *et al*, 2010).

Uma vez que as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) têm de ser reduzidas torna-se útil diversificar os combustíveis de modo a aumentar, a utilização de recursos com baixo teor de carbono, bem como a utilização eficiente dos combustíveis fósseis. Assim, as energias renováveis surgem como uma possível solução para o desenvolvimento sustentável. A eficiência energética e a mudança de comportamentos são importantes para inverter a situação do aquecimento do planeta e das alterações climáticas, (BCSD, 2013). Neste sentido, a eficiência energética surge como a utilização responsável dos recursos disponíveis. Assim, deve-se consumir menos energia em cada produto ou serviço que se utiliza, mantendo o nosso modo de vida, sem abdicar do conforto, (ADENE, 2015).

Desta forma, e de modo a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, o consumo energético e para introduzir mudanças comportamentais, houve necessidade de criar políticas energéticas em cada país.

### 2.1.1. POLÍTICA ENERGÉTICA NA UNIÃO EUROPEIA

A Comissão Europeia publicou, em 2005, o Livro Verde para a Eficiência Energética (LVEE) com o intuito de tornar mais fortes as políticas destinadas a um aumento da eficiência do consumo e da produção de energia. A eficiência associa-se ao controlo e redução do consumo de energia para a mesma riqueza criada, embora sejam também necessárias ações específicas no âmbito da produção, transformação e distribuição de energia.

Em 2006, o Conselho Europeu estabeleceu um plano para a eficiência energética na União Europeia, tendo como base o Livro Verde para a Eficiência Energética. Daqui surgiu o Plano de Ação para a Eficiência Energética (PAEE) da União Europeia que tem como objetivo a poupança energética. Como o Plano de Ação para a Eficiência Energética da União Europeia necessita de ser monitorizado e atualizado, surgem os Planos Nacionais de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) dos países membros e as revisões estratégicas da União Europeia no âmbito da energia. A pressão exercida pela legislação europeia e pelas legislações nacionais obrigam a indústria a utilizar a eficiência energética como um instrumento necessário para respeitar os valores máximos de emissões de gases com efeito de estufa impostos pelos Planos Nacionais de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE).

Na União Europeia, o PAEE apela à utilização das Melhores Tecnologias Disponíveis (MTDs) e de equipamentos mais eficientes, na área da indústria, para atingir poupanças energéticas. No ano de 2007, a Comissão Europeia lançou padrões mínimos ecológicos de desempenho energético implementando diretivas de rotulagem e de perfil ecológico para 14 produtos prioritários, nomeadamente caldeiras, motores elétricos e lâmpadas, entre outros.

Para além disto, o PAEE tem como objetivo a promoção da cogeração na indústria, o uso coerente dos impostos para promover a eficiência energética industrial e o financiamento de investimentos para que as PME (Pequenas e Médias Empresas) e as *ESCOs* (*Energy Service Companies*) desenvolvam projetos para atingir as poupanças energéticas. Por outro lado, o PAEE pretende que sejam desenvolvidos programas de treino e de educação de gestores de energia na indústria e que sejam também financiados programas de

investigação sobre tecnologias que melhorem a eficiência energética de um processo ou equipamento.

Assim, e para que os objetivos do PAEE sejam alcançados é necessário o envolvimento das autoridades competentes de todos os estados membros e que os PNAEE sejam bem elaborados, (Magueijo *et al*, 2010).

### 2.1.2. POLÍTICA ENERGÉTICA NACIONAL

A política energética nacional tem como base a racionalidade económica e a sustentabilidade, recomendando medidas de eficiência energética, utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis e a necessidade de reduzir custos. Assim, a política energética nacional, irá permitir a redução das emissões de gases com efeito de estufa, de forma sustentável e por outro lado reforçará a diversificação das fontes de energia primária, contribuindo para aumentar a segurança de abastecimento do país. Também prevê o aumento da eficiência energética da economia, em particular no setor Estado, contribuindo para a redução da despesa pública e para o uso eficiente de recursos. Além disso, contribuirá para o aumento da competitividade de economia, através da redução dos consumos e custos associados ao funcionamento das empresas e à gestão da economia doméstica, (ADENE, 2014).

Através do quadro das metas europeias “20-20-20”, pretende-se em 2020 obter:

- 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990,
- 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto,
- 20% de redução do consumo de energia primária relativamente à meta do consumo para 2020.

Para além disto, e de modo a aumentar a eficiência energética, foi estabelecido também para 2020 uma redução no consumo de energia primária de 25% e um objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. No âmbito da utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis, pretende-se que em 2020, 31% do consumo final bruto de energia e 10% da energia utilizada nos transportes provenha de fontes

renováveis. Por outro lado, deseja-se reduzir a dependência energética do país e garantir a segurança de abastecimento, através de promoção de um *mix* energético equilibrado.

Para desenvolver um modelo energético racional, sustentável e para atingir as metas europeias “20-20-20” foram desenvolvidos programas e planos que englobam objetivos específicos e que vão dinamizar as medidas a todos os níveis, nomeadamente o PNAEE e o PNAER.

O PNAEE é um documento que engloba um conjunto alargado de programas e medidas para que Portugal possa alcançar os objetivos relacionados com a eficiência na utilização final de energia e nos serviços energéticos. Através deste plano é possível identificar as barreiras existentes, o potencial de melhoria em matéria de eficiência energética e de incorporação de energia proveniente de fontes renováveis nos vários setores de atividade.

O PNAEE 2008-2015 estabeleceu como meta uma redução de consumo de energia final em 10% até 2015. Para que a meta fosse atingida foram estabelecidas 50 medidas, organizadas em 12 programas, com o objetivo de reduzir o consumo energético nas áreas de transporte, residencial e serviços, indústria, estado e comportamentos.

Contudo surge o PNAEE 2016 que prevê uma poupança de 8,2% até 2016, próxima da meta definida pela União Europeia de 9% e que pretende dar continuidade às medidas previstas no PNAEE 2008. Apesar de algumas terem sofrido alterações das respetivas metas ou a inclusão ou extinção de algumas ações previstas, em função do seu estado e potencial de implementação face ao respetivo custo económico. O Plano atual abrange seis áreas específicas, nomeadamente, transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura. Cada uma destas áreas engloba um total de 10 programas, compostos por medidas de melhoria da eficiência energética, (ADENE, 2014). Para além disso, o PNAEE 2016 abrange mais uma área em relação ao PNAEE 2008, nomeadamente a agricultura. Este pretende projetar novas ações e metas para 2016 em conjunto com o PNAER 2020, tendo como principal objetivo a redução de energia primária para o horizonte de 2020. Dentro de cada área existem programas de melhoria de eficiência energética.

Na área da Indústria, o PNAEE tem como principal objetivo a promoção do aumento da eficiência energética através da modificação dos processos de fabrico, da introdução de



novas tecnologias e da mudança de comportamentos, reduzindo em 10% a intensidade energética da indústria até 2020. Este objetivo pode ser atingido através da implementação do regulamento do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) e também pela adesão às normas europeias sobre sistemas de gestão de energia, nomeadamente a ISO 50001.

As medidas que vão ajudar na redução da intensidade energética dividem-se em três grupos designadamente medidas transversais, específicas e outros setores. As medidas transversais estão divididas em quatro grupos de atuação tecnológica nomeadamente motores elétricos, produção de calor e frio, iluminação e outras medidas para a eficiência energética do processo industrial. As medidas específicas apenas são aplicáveis nos respetivos processos produtivos. No quadro 2.1 apresenta-se as medidas transversais de cada grupo, (Resolução do Conselho de Ministros n.º20/2013).

**Quadro 2.1-** Medidas Transversais.**Fonte:** Resolução do conselho de Ministros n.º20/2013.

<b>Medidas Transversais</b>	
<b>Grupo</b>	<b>Medida/Tecnologia</b>
<b>Motores elétricos</b>	Otimização de motores Sistemas de bombagem Sistemas de ventilação Sistemas de compressão
<b>Produção de calor e frio</b>	Cogeração Sistemas de combustão Recuperação de calor Frio Industrial
<b>Iluminação</b>	Iluminação eficiente
<b>Eficiência do Processo Industrial/Outros</b>	Monitorização e controlo Tratamento de efluentes Integração de processos Manutenção de equipamentos consumidores de energia Isolamentos térmicos Transportes Formação e sensibilização de recursos humanos Redução da energia reativa

Apesar de a previsão assentar na redução de 18% na capacidade instalada em tecnologias baseadas em Fontes de Energias Renováveis (FER) face ao PNAER de 2010, a quota de eletricidade de base renovável no novo PNAER é superior (60% vs 55%), tal como a meta global a alcançar que deverá ser em cerca de 35% (face à meta de 31%). O PNAER estabelece, para tal, as trajetórias de introdução de FER em três grandes setores, nomeadamente aquecimento e arrefecimento, eletricidade e transporte, (ADENE, 2014).

Uma vez que houve a necessidade de criar um novo enquadramento para o PNAER e para a revisão do PNAEE, o governo estabeleceu uma Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020 (ENE 2020).

A ENE tem como principais objetivos:

- A redução da dependência energética do País face ao exterior para 74% em 2020, produzindo, a partir de recursos endógenos, o equivalente a 60 milhões de barris anuais de petróleo, com vista à progressiva independência do País face aos combustíveis fósseis;
- Assegurar o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas, permitindo que em 2020, 60% da eletricidade produzida e 31% do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis e uma redução de 20% do consumo de energia final nos termos do Pacote Energia - Clima 20-20-20;
- Reduzir em 25% o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas gerando uma redução de importações de 2.000 milhões de euros;
- A criação de riqueza e consolidação de um *cluster* energético no setor das energias renováveis em Portugal, bem como o desenvolvimento de um cluster industrial associado à promoção da eficiência energética assegurando a criação de 21.000 postos de trabalho anuais;
- Promoção do desenvolvimento sustentável criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas por Portugal no quadro europeu.

A ENE define a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira do país através da aposta nas energias renováveis e da promoção integrada da eficiência energética, assegurando a segurança de abastecimento e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético preconizado, contribuindo para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e gerando benefícios para a sociedade que progressivamente permitirão assegurar melhores condições de competitividade para a economia. A ENE 2020 compõe-se de 10 medidas que visam relançar a economia e promover o emprego, apostar na investigação e desenvolvimento tecnológicos e aumentar a nossa eficiência energética.

A ENE 2020 irá assentar sobre cinco eixos principais que nela se desenvolvem e detalham, traduzindo uma visão, um conjunto focado de prioridades e um enunciado de medidas que as permitem concretizar. Os cinco eixos da estratégia são os seguintes:

- Eixo 1- Agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira;
- Eixo 2- Aposta nas energias renováveis;
- Eixo 3- Promoção da eficiência energética;
- Eixo 4- Garantia da segurança de abastecimento;
- Eixo 5- Sustentabilidade económica e ambiental (Resolução do conselho de Ministros n.º29/2010).

### **2.1.3. SETOR INDUSTRIAL**

No setor industrial torna-se importante a adoção de medidas e comportamentos que diminuam os consumos energéticos existentes, promovam a eficiência energética e a implementação de sistemas de energia renovável.

Através do PNAEE foi publicado o Decreto-Lei n.º71/2008 de 15 de Abril que regulamenta o SGCIE. Este provém da revisão do RGCE- Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia.

O Decreto-Lei n.º71/2008 de 15 de Abril estabelece um regime mais simplificado e variado para as empresas que já se encontram abrangidas pelo Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissões (PNALE) e aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano, no entanto, as empresas também podem aderir voluntariamente a este sistema. As instalações de cogeração autónomas dos respetivos consumidores de energia, não são abrangidas pelo SGCIE.

As auditorias energéticas nas instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), no âmbito do SGCIE, devem incidir sobre as condições de utilização de energia, sobre a promoção do aumento de eficiência energética incluindo a introdução de fontes de energia renováveis. Para além disto, pretende que elaborem e executem Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), que depois de aprovados pela Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG), passam a Acordos de Racionalização.

Os PREn são elaborados tendo em conta as auditorias energéticas. Assim, para as instalações com consumos energéticos iguais ou superior a 1.000 tep/ano as auditorias

energéticas são realizadas de 6 em 6 anos e em instalações com consumos energéticos iguais ou superiores a 500 tep/ano mas inferior a 1.000 tep/ano são executadas de 8 em 8 anos.

As medidas apresentadas no PREn devem ser implementadas nos três primeiros anos, sendo que em instalações com consumos energéticos iguais ou superiores a 1.000 tep/ano as medidas têm de apresentar um período de retorno do investimento inferior ou igual a cinco anos. Nas instalações com consumos energéticos iguais ou superiores a 500 tep/ano mas inferior a 1.000 tep/ano as medidas têm um período de retorno de investimento inferior ou igual a três anos.

Para as instalações com consumos energéticos iguais ou superiores a 1.000 tep/ano a redução do indicador da intensidade energética deverá ser de 6% em 6 anos, assim como o indicador de consumo específico. Nas instalações que apresentem consumos de energia igual ou superior a 500 tep/ano mas inferior a 1.000 tep/ano a redução do indicador da intensidade energética deverá ser de 4% em 8 anos, assim como o indicador de consumo específico. O indicador de intensidade carbónica é para manter em ambos os casos, Tabela 2.1, (ADENE, 2014).

**Tabela 2.1-** Periodicidade das auditorias energéticas e do plano de racionalização dos consumos de energia dos respetivos consumos energéticos.

Fonte: Própria.

Consumos Energéticos	Periodicidade das Auditorias Energéticas	Plano de Racionalização do Consumo de Energia - PREn	
		Metas a atingir	Medidas (Período de implementação nos três primeiros anos)
Consumo de energia igual ou superior a 1.000 tep/ano.	Periodicidade de 6 anos. A primeira auditoria deve ser realizada 4 meses após o registo.	Redução da Intensidade Energética de 6% em 6 anos e do Indicador de consumo específico; Manter o Indicador de Intensidade Carbónica.	As medidas devem apresentar um período de retorno do investimento inferior ou igual a 5 anos.
Consumo de energia igual ou superior a 500 tep/ano mas inferior a 1.000 tep/ano.	Periodicidade de 8 anos. A primeira auditoria energética deve ser realizada no ano seguinte ao do registo.	Redução da Intensidade Energética de 4% em 8 anos e do Indicador de consumo específico; Manter o Indicador de Intensidade Carbónica.	As medidas devem apresentar um período de retorno de investimento inferior ou igual a 3 anos.

Os indicadores anteriormente referidos, são calculados da seguinte forma:

- **Intensidade Energética**, medida pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais.

$$\text{Intensidad e Energética} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (tep)}}{\text{Valor Acrescenta do Bruto (€)}}$$

- **Intensidade Carbónica**, medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia.

$$\text{Intensidad e Carbónica} = \frac{\text{Emissões GEE (CO}_2\text{)}}{\text{Consumo total Energia (tep)}}$$

- **Consumo Específico de Energia**, medido pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o volume de produção, (ADENE, 2014).

$$\text{Consumo Específico de Energia} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (tep)}}{\text{Volume Produção}}$$

Após as instalações serem abrangidas por um Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE), e caso apresentem consumos inferiores a 1.000 tep/ano, os operadores dispõem de incentivos para promover a eficiência energética, tal como os operadores das instalações com consumos iguais ou superiores a 1.000 tep/ano. Os incentivos para a promoção da eficiência energética estão esquematizados na Tabela 2.2, (ADENE, 2014).

**Tabela 2.2-** Incentivos para a promoção da eficiência energética.

**Fonte:** Própria.

<b>Instalações com consumos inferiores a 1.000 tep/ano</b>	Ressarcimento de 50% do custo das auditorias energéticas obrigatórias, até ao limite de 750 €, desde que verificado o cumprimento de pelo menos 50% das medidas previstas no ARCE.
	Ressarcimento de 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite de 10.000€.
<b>Instalações com consumos iguais ou superiores a 1.000 tep/ano</b>	Ressarcimento de 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite de 10.000 €.

Caso as instalações sejam consumidoras apenas de gás natural e/ou utilizem energias renováveis ainda é aplicado uma majoração de 25% para as renováveis e de 15% no caso do gás natural, para além dos benefícios caso tenham um consumo inferior/superior ou igual a 1.000 tep/ano, (ADENE, 2014).

Para empresas que sejam abrangidas pelo PNALE, ou que estejam a cumprir ARCE ao abrigo da regulamentação do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos, serão identificados pela DGEG em declaração, para efeitos de reconhecimento da isenção do Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos (ISP), por parte da DGAIEC- Direção Geral de Alfândegas e Impostos Especiais sobre o Consumo, de acordo com:

- A taxa do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP) aplicáveis ao carvão e coque classificados, pelos códigos NC 2.701, 2.702 e 2.704 apresentam o valor de 4,16 € por 1.000 kg.
- A taxa do ISP aplicável ao coque de petróleo, classificado pelo código NC 2.713, é de 4,16 € por 1.000 kg.



- A taxa do ISP aplicável ao fuelóleo com teor de enxofre inferior ou igual a 1%, classificado pelo código NC 27.101.961, é de 15,30 € por 1.000 kg.
- A taxa do ISP aplicável ao fuelóleo com teor de enxofre superior a 1%, classificado pelos códigos NC 27.101.963 a 27.101.969, é de 29,25 € por 1.000 kg.
- A taxa do ISP aplicável aos gases de petróleo classificados pelo código NC 2.711, quando usados como combustível, é de 7,81 € por 1.000 kg, (Portaria n.º1530/2008).

#### **2.1.4. SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA- NORMA ISO 50001**

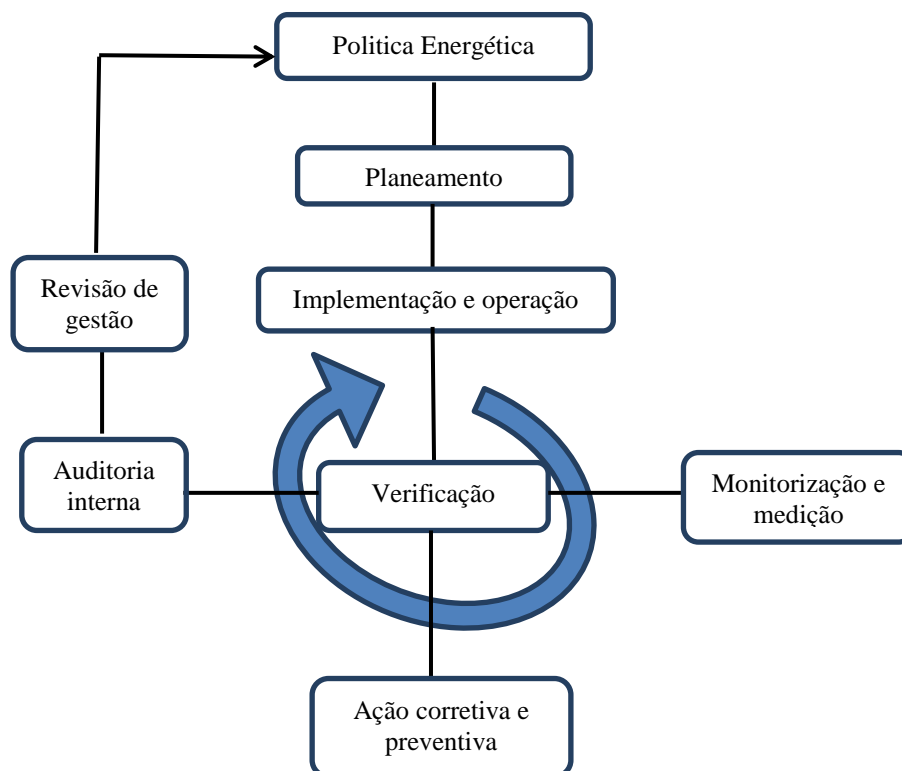
Os sistemas de gestão de energia são padronizados através da *Internacional Organization for Standardization*, tal como a norma ISO 50001, (Dörr *et al*, 2011).

A norma ISO 50001 tem como objetivo melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência, o uso e o consumo de energia através de sistemas e processos nas organizações, (Dörr *et al*, 2011).

A norma internacional da ISO de gestão de energia surgiu através da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial, no âmbito das alterações climáticas e da criação de padrões nacionais de gestão de energia. Através desta norma, as empresas ficam a conhecer os requisitos para a implementação do sistema de gestão de energia e a ordem de trabalho é definida para que as entidades empresariais, institucionais e governamentais giram da melhor forma os consumos energéticos, (Duarte, 2011).

Esta norma é composta pelos requisitos de um sistema de gestão de energia para uma organização desenvolver e implementar uma política energética, estabelece objetivos, metas e planos de ação que considerem requisitos legais e informações relativas ao uso significativo de energia.

A estrutura da norma baseia-se no ciclo de melhoria contínua – Planear, Executar, Verificar e Atuar, Figura 2.1.



**Figura 2.1-** Modelo do Sistema de Gestão de Energia para a ISO 50001.

**Fonte:** SGE, 2011.

A implementação da norma engloba várias etapas do ciclo nomeadamente:

- **Planeamento:** permite executar a revisão energética e estabelece a linha de base, indicadores de desempenho energético (IDEs), objetivos, metas e planos de ação necessários visando resultados em conformidade com as oportunidades de melhoria de desempenho energético e com a política energética da organização.
- **Executar:** implementar os planos de ação da gestão da energia.
- **Verificar:** monitorizar e medir os processos das características principais que determinam o desempenho energético de acordo com a política adotada.
- **Atuar:** tomar ações para melhorar continuamente o desempenho energético e o sistema de gestão de energia, (SGE, 2011).

Após a implementação desta norma irá existir um uso mais eficiente das fontes de energia disponíveis, a competitividade das empresas irá aumentar e as emissões de gases de efeito de estufa e outros impactes ambientais serão reduzidos, (Duarte, 2011).

### **2.1.5. AUDITORIA ENERGÉTICA**

Uma auditoria energética é um exame detalhado das condições de utilização de energia numa instalação (unidade fabril ou edifício) fazendo parte de um instrumento fundamental para qualquer gestor de energia.

A auditoria energética faz parte de uma obrigação legal, quando as empresas ou instalações consumidoras intensivas de energia estão abrangidas pelo SGCIE.

Através dela contabiliza-se os consumos, os rendimentos energéticos dos equipamentos e as possíveis perdas e identificam-se medidas que visam reduzir os consumos e obter poupanças energéticas. Desta forma, cumpre-se o objetivo de facilitar uma utilização mais económica e eficiente de energia, sem afetar a (o) produção/serviço, (ADENE, 2014).

Para controlar e monitorizar as poupanças energéticas provenientes da aplicação das medidas de eficiência energética torna-se importante desenvolver um plano de Medição e Verificação (M&V).

O plano de M&V é um documento que define os métodos e as técnicas que serão utilizados para determinar as economias resultantes de um projeto de contratos de desempenho específico.

O plano pode incluir uma única opção de M&V que aborda todas as medidas estabelecidas numa empresa, ou várias opções para solucionar diversas medidas implementadas numa empresa. Além de fornecer métodos precisos e conservadores para calcular as poupanças de energia, um bom plano de M&V tem de ser claro e consistente.

Este plano para além de ser vantajoso na avaliação das poupanças energéticas de um projeto também possibilita a redução de incerteza para níveis razoáveis, permite a monitorização de desempenho do equipamento, faculta a identificação de poupanças

adicionais, melhora a operação e manutenção (O&M) e permite os ajustes futuros se necessários.

As poupanças energéticas de uma instalação não podem ser sinónimas de ausência de consumo. Assim, são determinadas por comparação entre consumos antes e depois da implementação de medidas de racionalização, ajustando devidamente as condições de operação.

Neste método torna-se importante a definição da *baseline* pois esta considera os consumos que se irá ter em consideração para contabilizar a poupança energética. O “antes” é designado como base ou *baseline*, e o “depois” como pós-instalação ou período de utilização ou desempenho. A adequação de poupanças incluem o ajuste de alterações que levam a reduções de consumo mas que não foram causadas pela(s) medida(s) implementada(s), como variações na ocupação de um edifício ou questões meramente climáticas.

Os fatores fundamentais que caracterizam as poupanças energéticas são: o desempenho (*performance*) e a utilização (*usage*). O desempenho quantifica a energia que é consumida para desenvolver uma dada tarefa. A utilização descreve a magnitude da tarefa a efetuar, tal como o número de horas de operação de um equipamento.

É importante determinar poupanças efetivamente conseguidas, sendo mais importante em muitas situações verificar o potencial que uma medida de racionalização tem de gerar numa redução prevista. Para tal é necessário verificar se as condições da *baseline* foram corretamente definidas, se os equipamentos/sistemas necessários foram instalados e devidamente comissionados e se estão a funcionar conforme as especificações, (Nexant, 2008).

Para que este plano seja bem implementado torna-se fundamental seguir um conjunto de etapas, caso contrário pode não ser possível atingir as poupanças planeadas, Tabela 2.3.

Tabela 2.3- Etapas relativas à implementação do plano M&amp;V.

Fonte: Nexant, 2008.

<i>Timing</i>		<b>Atividades</b>
<b>Antes da implementação do projeto</b>	<b>Passo 1</b>	Alocação de responsabilidades (cooperações).
	<b>Passo 2</b>	Desenvolvimento de um plano M&V próprio.
	<b>Passo 3</b>	Definição de <i>Baseline</i> - AUDITORIA.
<b>Durante a implementação do projeto</b>	<b>Passo 4</b>	Instalação e comissionamento de equipamentos/sistemas.
	<b>Passo 5</b>	Atividades de verificação pós-instalação.
<b>Depois da implementação do projeto</b>	<b>Passo 6</b>	Atividades regulares e periódicas de verificação no período de operação.

As etapas de um plano de M&V incluem pesquisas no local, medições de energia, medição de variáveis-chave, análises de dados, cálculos, procedimentos de garantia da qualidade e elaboração de relatórios. Todos esses componentes-chave precisam de ser adequadamente detalhados no Plano de M&V.

Neste tipo de plano é útil garantir que todos os pressupostos, procedimentos e dados estão registados corretamente para que eles possam ser facilmente referenciados e verificados por outros. Os dados incluídos devem ser suficientes para que um terceiro possa executar ou verificar os procedimentos de M&V, (Nexant, 2008).

## 2.2 SISTEMAS DE SUPERVISÃO E CONTROLO

Os Sistemas de Supervisão e Controlo (SSC) são importantes nos sistemas de automação. Estes têm como principal função estabelecer uma interface com os operadores do processo, permitindo aos mesmos realizar um conjunto de funções nomeadamente:

- Monitorizar variáveis do processo em tempo real (temperatura, pressão, nível, entre outras);
- Diagnosticar falhas ou condições indevidas através de alarmes e eventos;
- Ajustar parâmetros do processo (*set-points*).

Os Sistemas de Supervisão e Controlo são maioritariamente conhecidos por SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*) ou HMI (Interface Homem-Máquina), (Mecatrónica Actual, 2013).

Um sistema SCADA é composto por diversas partes, nomeadamente pelo *hardware* (de entrada e de saída), controladores, redes, interface HMI, comunicações, equipamentos e *software*. O termo SCADA refere-se ao sistema central de dados onde se pode monitorizar e controlar os vários dispositivos do sistema, quer nas proximidades ou fora das instalações.

Os sistemas SCADA podem recolher dados dos vários sensores e contadores de um ou vários processos, em unidades fabris, ou noutros locais remotos e, em seguida, enviar os dados para uma unidade central onde são geridos e controlados.

Assim, os *softwares* SCADA têm como principais vantagens:

- Monitorização remota dos estados de sistemas de automação;
- Capacidade de armazenamento de dados (utilizando bases de dados);
- Capacidade de construção de históricos (gráficos ao longo do tempo, com periodicidade seleccionáveis);
- Ferramentas avançadas de desenho para realizarem HMI;
- Emissão de alarmes das variáveis supervisionadas, (Costa, 2009).

Os sistemas HMI por vezes necessitam de ter uma interface localizada junto das máquinas, para que o operador tenha acesso às informações do processo, no momento. A interface do

HMI pode ser apresentada através de dispositivos alfa-numéricos ou interfaces coloridas e possui painéis de membrana ou tela *touch-screen*.

O *software* de Supervisão não permite controlar em tempo real, tal como um Controlador Lógico Programável (CLP), por isso comunica com os restantes elementos de controlo, Figura 2.2.



**Figura 2.2-** Esquema de ligação de um SCC.

**Fonte:** Mecatrónica Actual, 2013.

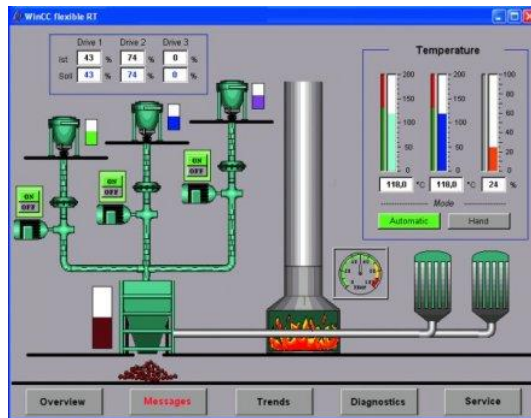
Quando se deseja apenas a aquisição de dados é possível ligar o sistema de supervisão diretamente à instrumentação, através de redes de campo, tais como *Fieldbus*, *Profibus* e *Interbus*, entre outras, (Mecatrónica Actual, 2013).

Desta forma, já foram desenvolvidos *softwares* de Supervisão que se caracterizam pela ampla componente gráfica e pelos recursos disponíveis, a maior parte destes *softwares* contém uma biblioteca de protocolos de comunicação para que possam efetuar a supervisão e controlo dos mais variados autómatos existentes.

Os *softwares* que se passam a apresentar são o Simatic WinCC e o Movicon.

O *software* Simatic WinCC foi desenvolvido pela Siemens. É um sistema moderno com uma interface atrativa para uso no mundo da produção, oferecendo operações fiáveis e uma configuração eficiente. Este permite a visualização de sistemas (SCADA) com funções para controlo de processos automatizados. Com o Simatic WinCC são criados processos de

visualização com funcionalidades na área do controle e monitorização para todos os segmentos da indústria, para além disso, permite a criação de utilizadores. Em conjunto, com o processo integrado de base de dados, o WinCC representa a troca de informação dentro da empresa e devido à inteligência de visualização traz uma maior transparência à produção, Figura 2.3.

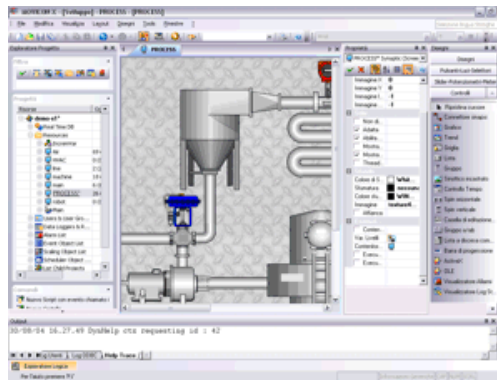


**Figura 2.3-** Software WinCC.

**Fonte:** Programación Siemens, 2014.

O Movicon (*Monitoring, Vision, and Control*) é um *software* desenvolvido pela Progea, para criar interfaces homem-máquina, *SCADA*, baseado num *PC* (Personal Computer - computador pessoal). O principal objetivo é supervisionar os processos de automação, usando interfaces animadas, chamadas “*synoptic Windows*”, ou permitir controlar o processo através da utilização de interfaces denominados “*dialog boxes*”, bem como uma variada gama de outras funções que permitem o completo controlo do processo físico de um modo simples e seguro. Os componentes utilizados na gestão do processo, tais como *PLC*'s, controladores de temperatura, fazem parte do sistema onde o *Movicon* está integrado, comunicando entre si através de portas série, modems e redes *Ethernet*, Figura 2.4.





**Figura 2.4-** Software Movicon.

Fonte: Movicon X.

A versão *Movicon X* caracteriza-se por uma maior flexibilidade e eficiência. O *Movicon X* pode ser usado por operadores em micro terminais, em *PC's* móveis com *Windows CE*, como também pode ser usado em sistemas distribuídos cliente/servidor, interligado a *PLC's*, redes industriais e redes de campo, em grandes unidades industriais.

A versão mais recente da *Movicon* - o *Movicon II* - tem uma estrutura baseada em XML, pois é direcionada para sistemas do tipo cliente-servidor. Esta versão apresenta módulos baseados na tecnologia Java que permite o acesso a projetos/programas de supervisão e controlo através de um browser, (Costa, 2009).

Desta forma, verifica-se que os sistemas de supervisão e controle são fundamentais para a supervisão e controlo nas indústrias. Com a evolução do *hardware* e dos sistemas operacionais esta área encontra-se cada vez mais desenvolvida e mais adaptada às necessidades existentes, (Mecatrónica Actual, 2013).

## **2.3 MEDIDAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO**

### **2.3.1. AR COMPRIMIDO**

O ar comprimido é utilizado na indústria por ser uma forma de transmitir energia versátil, flexível e segura. Este é usado em inúmeras empresas industriais tais como no controlo e

na instrumentação, nos acionamentos pneumáticos, nas sopragens, nas limpezas e nas formas de produção de ar comprimido. Na produção de ar comprimido é consumida cerca de 10% da energia elétrica mas 20% dessa energia é perdida devido a fugas de ar, à má utilização do ar comprimido ou falta de manutenção (Magueijo *et al*, 2010) e (Oliveira). A otimização energética dos sistemas de ar comprimido deverá passar por intervenções nas seguintes áreas principais:

### — Produção e tratamento de ar comprimido

- Produzir o ar comprimido a uma pressão mínima de laboração, pois os consumos energéticos aumentam proporcionalmente com a pressão;
- Escolher um compressor de ar adequado às necessidades;
- Redução da temperatura do ar de admissão, mantendo uma boa filtragem na tomada de ar;
- Recuperação e utilização do calor desperdiçado através dos sistemas de arrefecimento dos compressores;
- Utilização de variadores eletrónicos de velocidade (Magueijo *et al*, 2010) e (Oliveira).

### — Redes de distribuição de ar comprimido

- Eliminar fugas de ar para reduzir o consumo energético;
- Divisão do sistema em zonas, com reguladores de pressão apropriados ou válvulas de corte;
- Diminuir a extensão da rede e criar rede em anel;
- Otimizar o diâmetro da tubagem (Magueijo *et al*, 2010) e (Oliveira).

### — Dispositivos de utilização final;

- Eliminação de utilizações inapropriadas de ar comprimido;

- Desligar o ar comprimido quando o dispositivo não está em operação;
- Para limpar, usar aspiradores elétricos pois estes consomem menos energia que os aparelhos insufladores de ar (bicos de sopro ou pistolas de ar).

Cada uma das medidas acabadas de enumerar deve ter em conta a respetiva aplicabilidade e rentabilidade. Para além do custo do investimento necessário e as economias de energia anuais, devem ser consideradas outras eventuais alterações nos custos anuais de operação e manutenção do(s) sistema(s) de ar comprimido em questão. Qualquer uma das medidas/soluções energeticamente eficientes suscetíveis de implementação deverão permitir a manutenção ou a melhoria da fiabilidade e da qualidade do serviço do(s) sistema(s) em causa. O potencial global de economia de energia associado a um sistema de ar comprimido ronda os 30% no entanto, cada medida pode conduzir a economias distintas e variáveis de instalação para instalação (Magueijo *et al*, 2010) e (Oliveira).

### 2.3.2. ILUMINAÇÃO

A energia elétrica consumida nas instalações, pela iluminação, nos diferentes setores de atividade (indústria, serviços e doméstico) representa aproximadamente 25% do consumo global do país e cerca de 5% a 7% do consumo global de energia elétrica de uma instalação industrial. Assim, representa uma área onde a utilização de equipamentos mais eficazes traduz poupanças energéticas significativas.

Desta forma pretende-se equipar as instalações com equipamentos que proporcionem os níveis de iluminação necessários e recomendados ao desempenho das atividades, mas tendo sempre a preocupação de reduzir o consumo de energia elétrica e os custos de manutenção dos sistemas. Por vezes o investimento inicial é elevado, mas é facilmente recuperado em tempo aceitável através das economias de energia que proporcionam (Manual OSRAM).

Existem determinados aspetos que permitem uma utilização racional de energia e que permitem reduzir os consumos energéticos, mantendo ou melhorando as condições globais de iluminação nos espaços considerados. Assim, deve-se considerar os seguintes aspetos:

- Dar preferência à iluminação natural, mantendo as áreas de entrada de luz limpas;
- Optar pelo tipo de iluminação mais adequada para cada local e para as tarefas a executar;
- Utilizar sempre equipamentos de rendimento elevado (lâmpadas, luminárias e acessórios);
- Utilizar sistemas de controlo e comando automático nas instalações de iluminação;
- Proceder a operações de limpeza regulares e manutenção das instalações, de acordo com um plano estabelecido;
- Definir períodos de substituição das lâmpadas e optar sempre pela substituição em grupos (Manual OSRAM).

Apesar de ser importante dar preferência à iluminação natural, nem sempre esta é suficiente para satisfazer as necessidades diárias. Assim, torna-se útil fazer um estudo luminotécnico para definir a quantidade de luminárias e o seu posicionamento, de acordo com as características do local e o tipo de atividade que aí se desenvolve. Desta forma apresenta-se alguns conceitos dentro desta temática:

- Fluxo luminoso ( $\phi$ ): quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens (lm), na tensão nominal de funcionamento (Manual OSRAM);
- Eficiência luminosa (lm/W): representa a relação entre a quantidade de luz emitida e a quantidade de energia elétrica absorvida (Magueijo *et al*, 2010);
- Intensidade luminosa (I): é concentração de luz numa direção específica, radiada por segundo. A unidade de medida é a candela (cd) (Philips);
- Iluminância (E): é a quantidade de luz ou fluxo luminoso que atinge uma unidade de área de uma superfície por segundo. A unidade de medida é o lux. Um lux equivale a 1 lúmen por metro quadrado (lm/m<sup>2</sup>);

- Índice de restituição cromática (IRC): é a capacidade de uma fonte luminosa reproduzir a verdadeira cor do objeto que está a iluminar. O IRC seria ideal se fosse igual a 100;
- Temperatura de cor (T): refere-se à tonalidade da aparência da cor da luz emitida pelas lâmpadas. A unidade de medida é o Kelvin (K);
- Índice de reflexão (n): é uma grandeza que expressa a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio em que ela se propaga (v). As cores das paredes e do teto influenciam na reflexão da luz e portanto no fluxo luminoso que chega ao local (Manual OSRAM);
- Fator de manutenção: O nível da iluminação decresce com o envelhecimento e acumulação de poeiras nas lâmpadas e luminárias. Os fatores indicados são representados pelo fator de depreciação. Assim, o fator de manutenção corresponde ao inverso do fator de depreciação, Tabela 2.4 (EEE Lighting Solutions).

**Tabela 2.4-** Fator de depreciação e fator de manutenção.

**Fonte:** EEE Lighting Solutions.

<b>Categoria do local</b>	<b>Fator de depreciação</b>	<b>Fator de manutenção</b>
<b>Limpo</b>	0,8	1,25
<b>Normal</b>	0,7	1,43
<b>Sujo</b>	0,6	1,67

No que se refere às lâmpadas, pode-se afirmar que estas apresentam diferentes eficiências luminosas e que existem umas que são mais apropriadas para a iluminação interior, outras para a exterior e ainda outras que se aplicam a ambientes industriais. Em ambientes industriais aconselha-se a utilização de lâmpadas de descarga, nomeadamente lâmpadas de vapor de sódio, no entanto também é possível encontrar iluminação fluorescente.

As lâmpadas modernas são fontes luminosas de origem elétrica. As lâmpadas de halogéneo assemelham-se às lâmpadas de incandescência, no que diz respeito ao funcionamento. No

entanto, como apresentam halogéneo, funcionam sob o princípio do ciclo regenerativo. Assim, a regeneração do filamento de tungstênio é assegurada evitando o escurecimento da lâmpada. Nas lâmpadas de descarga elétrica o fluxo luminoso é gerado direta ou indiretamente pela passagem da corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores. Os díodos são dispositivos semicondutores que convertem eletricidade diretamente em luz (Rodrigues, 2002) e (Magueijo *et al*, 2010).

As lâmpadas incandescentes halogenadas apresentam vantagens em relação às incandescentes tradicionais nomeadamente, luz mais branca, brilhante e uniforme ao longo de toda a vida, maior eficiência energética, vida útil mais longa (2.000 e 4.000 horas), dimensões e consumos menores (Magueijo *et al*, 2010), Figura 2.5.



**Figura 2.5-** Lâmpada incandescente halogenada.

**Fonte:** Philips, 2014.

As lâmpadas fluorescentes tubulares são lâmpadas muito flexíveis quanto à sua aplicação pois apresentam diversos formatos e diferentes temperaturas de cor (Magueijo *et al*, 2010). Estas lâmpadas para funcionar necessitam de um arrancador para acender e um balastro para estabilizar a corrente. As lâmpadas fluorescentes tubulares são a melhor forma para obter poupanças energéticas. A sua eficiência e longa durabilidade permitem a sua aplicação nas mais diversas áreas comerciais e industriais (Almeida *et al*, 2007). No entanto, estas lâmpadas têm vindo a sofrer uma redução do diâmetro ao longo dos anos. Quanto menor for o diâmetro, maior é a possibilidade de desenvolvimento ótico dos refletores, permitindo melhor eficiência das luminárias. As mais antigas são as T12 (38 mm) ou T10 (33 mm) e as mais recentes T8 (26 mm) e T5 (16 mm). A T5 é mais eficiente pois para além de ter o menor diâmetro em relação as restantes, teve uma redução de 50 mm no comprimento. Assim, é a mais compacta, apresenta uma eficiência luminosa maior, o *design* é mais leve e opera diretamente em reatores eletrónicos (Rodrigues, 2002).

As T5 necessitam de um balastro e uma luminária diferente das antecessoras (Almeida *et al*, 2007), Figura 2.6.



**Figura 2.6-** Lâmpada fluorescente tubular T5, T8, T10, T12.

**Fonte:** Energy Land.

As lâmpadas fluorescentes compactas (CFL's), Figura 2.7, que fazem parte das lâmpadas de descarga são as recomendadas para substituir as lâmpadas incandescentes nos diversos setores e aplicações. Assim, têm como vantagens o consumo de energia em média 80% menor, resultando daí uma grande redução na conta de energia elétrica, a sua durabilidade é 10 vezes maior, o que provoca uma redução nos custos de manutenção e reposição das lâmpadas. Uma vez que aquecem menos o ambiente, vão reduzir a carga térmica das instalações, o que vai levar a uma menor utilização dos sistemas de ar condicionado (Magueijo *et al*, 2010). O balastro deste tipo de lâmpadas é eletrónico compacto e está incorporado. Este tipo de lâmpada dispõe de casquilhos de rosca pelo que se podem instalar facilmente em substituição das lâmpadas incandescentes. O seu preço tem vindo a ser reduzido nos últimos anos, pelo que a sua utilização tem-se tornado bastante rentável (Almeida *et al*, 2007).



**Figura 2.7-** Lâmpadas fluorescentes compactas (CFL's).

**Fonte:** Almeida *et al*, 2007.

A lâmpada de vapor de sódio a alta pressão é a mais eficiente do grupo de lâmpadas de alta intensidade de descarga, mas apresentam uma pior restituição de cores, Figura 2.8. Este tipo de lâmpadas foram projetadas para funcionar nos mesmos reatores das lâmpadas de vapor de mercúrio, sendo uma excelente opção de substituição para quem utiliza este tipo de lâmpadas. A substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio por vapor de sódio gera uma redução de 10% no consumo de energia elétrica e um acréscimo médio de 65% no fluxo luminoso, (Rodrigues, 2002). Para ambientes industriais aconselha-se as lâmpadas de descarga, nomeadamente lâmpadas de vapor de sódio, (Magueijo *et al*, 2010).



**Figura 2.8-** Lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão.

**Fonte:** Almeida *et al*, 2007.

As lâmpadas de iodetos metálicos dispõem de uma vasta gama de cores e é a fonte de luz branca com maior eficiência disponível no mercado, Figura 2.9. Como a qualidade de luz produzida é excelente, foram desenvolvidos modelos de baixa potência para usar nos interiores, (Rodrigues, 2002). Este tipo de lâmpadas necessita de um arrancador adequado, para que este produza picos de tensão até 5.000 volts para a ignição. A lâmpada de iodetos metálicos está disponível numa enorme gama de potências, de 10 W até 18.000 W (Almeida *et al*, 2007).



**Figura 2.9-** Lâmpadas de iodetos metálicos.

**Fonte:** Almeida *et al*, 2007.



As lâmpadas LED- *Light Emiting Diode* (Díodo Emissor de Luz) têm como princípio de funcionamento a eletroluminescência, isto é, a emissão de luz através da passagem de energia elétrica, Figura 2.10. É um processo eficiente que pode representar uma poupança de cerca de 80% a 90% em relação às lâmpadas incandescentes (JLM Energias). Os módulos de LED's são constituídos por um conjunto de LED's individuais, os quais são montados em placas de circuito impresso com componentes ativos e passivos (Almeida *et al*, 2007).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias de fabrico e aparecimento de novos materiais, os LED's têm vindo a ser produzidos com um menor custo, o que possibilita a existência de uma gama de aplicações cada vez maior, como sinalização e iluminação de ambientes em geral (Almeida *et al*, 2007).

A substituição das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes ou de LED é a medida de controlo das emissões de gases efeito estufa mais importante, (JLM Energias).



**Figura 2.10-** Lâmpadas LED- *Light Emiting Diode* (Díodo Emissor de Luz).

**Fonte:** Philips- Gama coreline LED.

Segue a tabela com algumas características dos vários tipos de lâmpadas apresentados anteriormente, Tabela 2.5.

**Tabela 2.5-** Características dos vários tipos de lâmpadas.**Fonte:** Adaptado de Magueijo *et al*, 2010 e JLM Energias.

Tipo de Lâmpada		Potência (W)	Eficiência luminosa (lm/W)	Duração média (h)
Incandescente	Standard	3-1.500	6-24	750-2.000
	Halogéneo	10-1.500	8-35	2.000-4.000
Fluorescente	Tubular/tamanho normal	4-215	26-105	7.500-24.000
	Compacta	5-58	28-84	10.000-20.000
Descarga em alta pressão	Iodetos metálicos	32-2.000	50-110	6.000-20.000
	Vapor de sódio a alta pressão	35-1.000	50-120	16.000-24.000
LED		5-50	60-130	50.000-100.000

Os balastros também podem constituir uma medida de eficiência energética, na área da iluminação. Assim, deve-se substituir os balastros ferromagnéticos pelos eletrônicos. Os balastros são dispositivos que têm por função assegurar o arranque e limitar a corrente das lâmpadas de descarga. Os balastros eletrônicos permitem eliminar os efeitos de estroboscópico e zumbidos, não necessitam de arrancadores e reduzem o consumo de energia elétrica (Almeida *et al*, 2007).

Nos sistemas de iluminação existem equipamentos com rendimentos bastante diferentes, desta forma, os mais eficientes são aqueles que incluem lâmpadas de elevada eficiência energética e luminárias equipadas com refletores espelhados que irão permitir elevar o rendimento total do sistema (Magueijo *et al*, 2010).

Para apoiar o estudo luminotécnico foram desenvolvidos *softwares*, nomeadamente o Calculux, o Helios, o Dialux e o WinELux. O Calculux é um programa desenvolvido pela Philips com o objetivo de auxiliar os projetistas a selecionarem e avaliarem os sistemas de iluminação para diferentes aplicações. O Helios é uma ferramenta que permite verificar a influência da luz solar nas edificações (E-civil, 2015).

O Dialux é versátil e disponibiliza recursos que permitem automatizar o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação. Este possibilita a aplicação de vários modelos de luminárias no mesmo local e permite obter um relatório de especificações das luminárias utilizadas no projeto (Lumicenter Lighting). O WinElux foi desenvolvido pela Empresa de Equipamento Elétrico, S.A. (EEE). Este possibilita ao utilizador simular o posicionamento das lâmpadas no local pretendido, para além disso, devolve a quantidade de lâmpadas a aplicar de acordo com o valor de iluminância específica para a atividade a desenvolver em determinado espaço (Cassol, 2009).



## CAPÍTULO 3- SOCIEDADE DA ÁGUA DE LUSO, S.A.

### 3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Sociedade da Água de Luso, S.A. com sede na Vila do Luso, na Rua Álvaro Castelões, concelho da Mealhada, tem como principal atividade o engarrafamento de águas minerais naturais, de nascente e de consumo humano bem como a exploração da atividade Termal através das Termas de Luso, (SAL, 2013).

Foi em 1894 que as excelentes propriedades terapêuticas da Água Termal de Luso foram notadas por Manuel Bento de Sousa, médico natural de Lisboa, pois esta pessoa foi a primeira a beber esta água. Até aí só se conheciam os excelentes resultados desta água no tratamento de doenças de pele. Assim, foi este médico que espalhou as virtudes terapêuticas da Água Termal de Luso.

Desta forma, deu-se o reconhecimento da Água Termal de Luso como uma excelente água de mesa: “(...) *Enfim, a água termal de Luso tem, para uso interno, largo e próspero futuro, porque é excelente.*” Assim, o primeiro registo de venda desta água foi em 1894.

No ano de 1894 foi entregue o Alvará de Concessão nº112 de 17/05/1894, este acontecimento foi bastante importante para a Empresa.

Em 1901, registou-se a primeira grande aquisição de garrações de 5, 10, 15 e 20 litros, para facilitar a expedição da água para os principais mercados do país, designados de “*depósitos de água termal de Luso*”. Iniciou-se assim, o engarrafamento em vasilhame próprio.

Passados 15 anos iniciou-se o fabrico e a comercialização dos refrigerantes sortidos da Água de Luso: laranja, ananás, limão, morango, groselha, e tangerina, que se foram extinguindo gradualmente.

Em 1930, as vendas de Água Termal de Luso atingiram quase os dois milhões de litros. Após este ano (1931), a Sociedade da Água de Luso retomou a produção e comercialização de refrigerantes: Yogura e Lusoranja.

No ano de 1954 foi adquirida a propriedade da Quinta do Cruzeiro, com as instalações da Água do Cruzeiro e bebidas refrigerantes. Em 1956, a Água do Cruzeiro foi licenciada para comercialização, por despacho conjunto dos Ministérios da Indústria e da Saúde. A Quinta do Cruzeiro localiza-se no declive da Serra do Buçaco, na Freguesia da Vacariça. Em 1959, foi construído na Quinta do Cruzeiro um edifício destinado ao engarrafamento da Água do Cruzeiro.

A Sociedade Central de Cervejas, S.A., em 1970, entrou no capital da empresa tornando-se acionista e em 1971 passou a ser a única distribuidora dos produtos da empresa a nível nacional. Em 1972, a Sociedade da Água de Luso lançou um novo produto da Água do Cruzeiro no mercado: a Cola e relançou o Lusoranja, mas desta vez produzido e engarrafado com Água do Cruzeiro.

Inicialmente as embalagens eram de PVC mas a partir de 1997 foram substituídas por embalagens de PET (politereftalato de etileno).

Em 2002 celebrou-se o 150º Aniversário da fundação da Empresa- Sociedade para o Melhoramento dos Banhos de Luso/ Sociedade da Água de Luso, (Sociedade da Água de Luso, 2002).

Na Quinta do Cruzeiro é engarrafada Água Mineral Natural de Luso e a Água Nascente de Cruzeiro. Isto passou a ser possível desde 2004, após a obra de instalação de condutas de ligação do Luso para o Cruzeiro, numa extensão de 5 km, para transferência da Água Mineral Natural Luso para a unidade fabril do Cruzeiro. Assim, passou também a ser possível engarrafar Água de Luso (Formas Luso, Ritmo Luso, Luso de Fruta) nesta unidade fabril.

Na “Quinta do Cruzeiro” foi construído um pavilhão industrial, com uma nova linha de enchimento asséptica e respetivos acessórios, permitindo assim um incremento muito significativo em termos de práticas industriais.

Este investimento veio dar resposta às necessidades industriais decorrentes do aumento da oferta da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas e Sociedade da Água de Luso, S.A. No segmento das águas, nomeadamente com as gamas Formas Luso, Ritmo Luso e a nova gama Luso Fruta, (SAL, 2013).

Também o logótipo da empresa tem evoluído ao longo dos tempos, assim a partir de 2005 apresenta uma nova identidade, adotando um estilo mais moderno e dinâmico.

Apesar do logótipo apresentar uma imagem da SAL diferente, continua a incorporar o símbolo da água termal que distingue a marca, no entanto é mais estilizado e atual e a assinatura é colocada no final. Esta evidencia o carácter institucional da empresa e remete para a herança histórica da Sociedade da Água de Luso. A nova identidade da SAL permite uma ligação aos valores e à credibilidade que sempre caracterizam a empresa. Desta forma a escultura do artista plástico Mestre João Silva que representa uma criança a beber água e simboliza a PUREZA é mantida após sete décadas, Figura 3.11, (Sociedade da Água de Luso, 2002).



**Figura 3.11-** Evolução do logótipo associado à marca Luso.

**Fonte:** SAL, 2013.

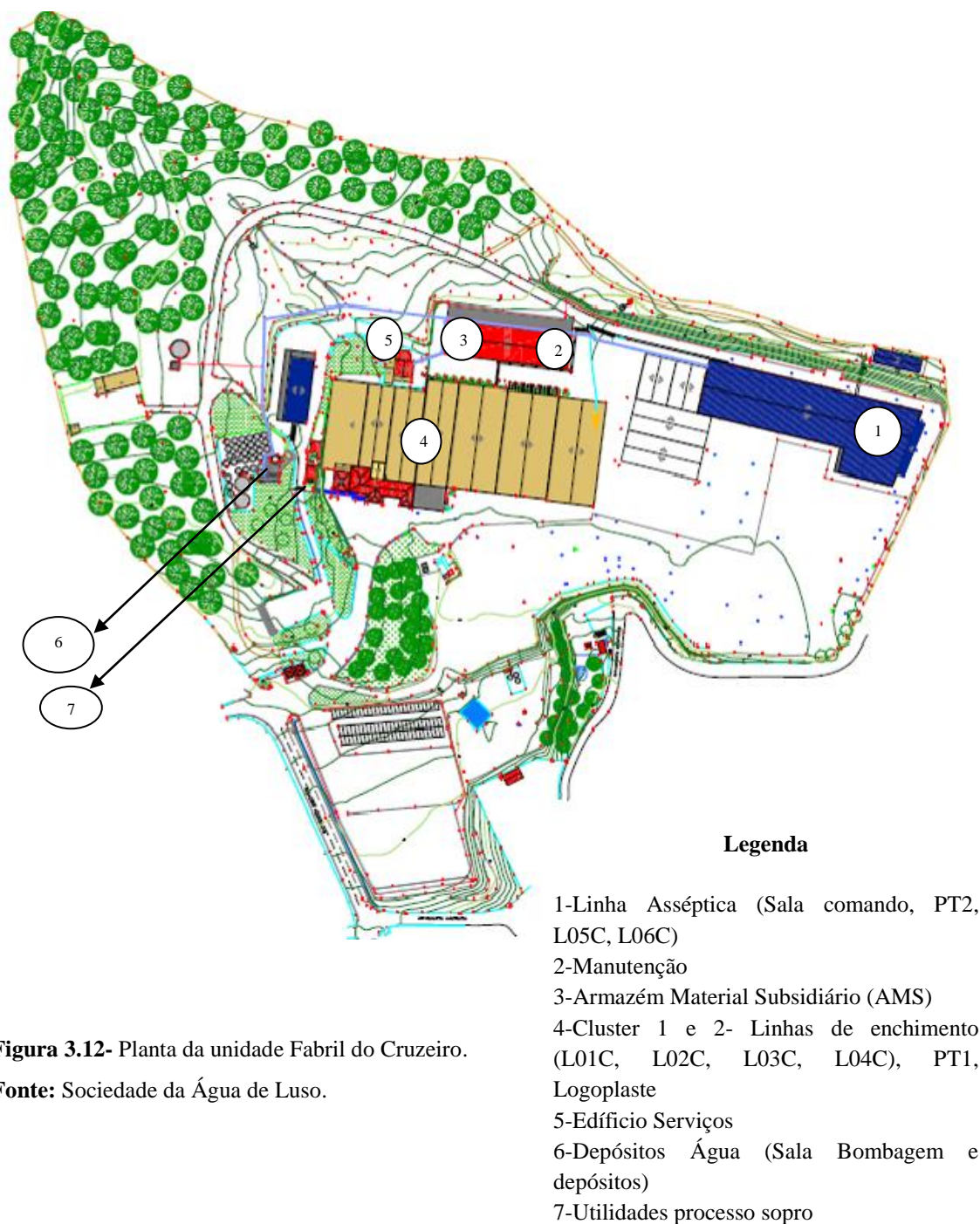
A partir de 29 de Abril de 2008, a Heineken assumiu o controlo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, bem como o da Sociedade da Água de Luso, S.A.. Convém referir que estas duas empresas anteriormente pertenceram a outros Consórcios.

Em 2013, surge a marca Amanhecer, sendo esta a marca branca da Água de Nascente Cruzeiro e em 2014 surge o Luso Tea e o Luso com Gás.

Nos últimos anos a Sociedade da Água de Luso, S.A. tem acompanhado o desenvolvimento humano e tecnológico, tornando-se cada vez mais competitiva, tendo como objetivo principal a satisfação dos seus clientes e a preocupação constante com a formação e valorização dos seus recursos humanos, indispensáveis à manutenção e progresso futuro da Empresa, por todos estes motivos esta empresa já comemorou 160 anos no passado em 2012 (SAL, 2013).

### 3.2 PLANTA DA UNIDADE FABRIL DO CRUZEIRO

Segue a Figura 3.12, que representa a planta da unidade fabril do Cruzeiro com os locais de maior interesse assinalados, os quais vão ser identificados numa fase posterior.



**Figura 3.12-** Planta da unidade Fabril do Cruzeiro.

**Fonte:** Sociedade da Água de Luso.



### **3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ASSOCIADO AO ENCHIMENTO DAS GARRAFAS/GARRAFÕES**

O processo de enchimento de água realiza-se em seis linhas, nomeadamente L01C, L02C, L03C, L04C, L05C, L06C.

A linha L01C destina-se ao enchimento de garrafas de vidro, com Água Mineral Natural de Luso. A linha L02C tem como objetivo o enchimento de garrafões de 18,9 L com água para consumo humano. Nas linhas L03C e L06C procede-se ao enchimento de garrafas “PET” e com Água Mineral Natural de Luso ou Água de Nascente Cruzeiro e na linha L04C procede-se ao enchimento de garrafões “PET” também com Água Mineral Natural de Luso ou Água de Nascente Cruzeiro. A linha L05C tem como finalidade o enchimento de Luso Fruta e nova gama de Luso Tea, em garrafas de “PET”.

#### **3.3.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ASSOCIADO AO ENCHIMENTO DE GARRAFAS DE VIDRO**

Na linha L01C procede-se ao engarrafamento do vasilhame que é constituído por garrafas de vidro transparente, com capacidades de 0,25 L, 0,5 L e 1 L.

As garrafas retornáveis são recebidas em paletes de grades.

Após a despaletização automática das grades, estas são colocadas numa desengradadora, onde são retiradas as garrafas, e posteriormente seguem para uma operação de lavagem, através de transportadores.

As garrafas de vidro recolhidas das grades são também lavadas.

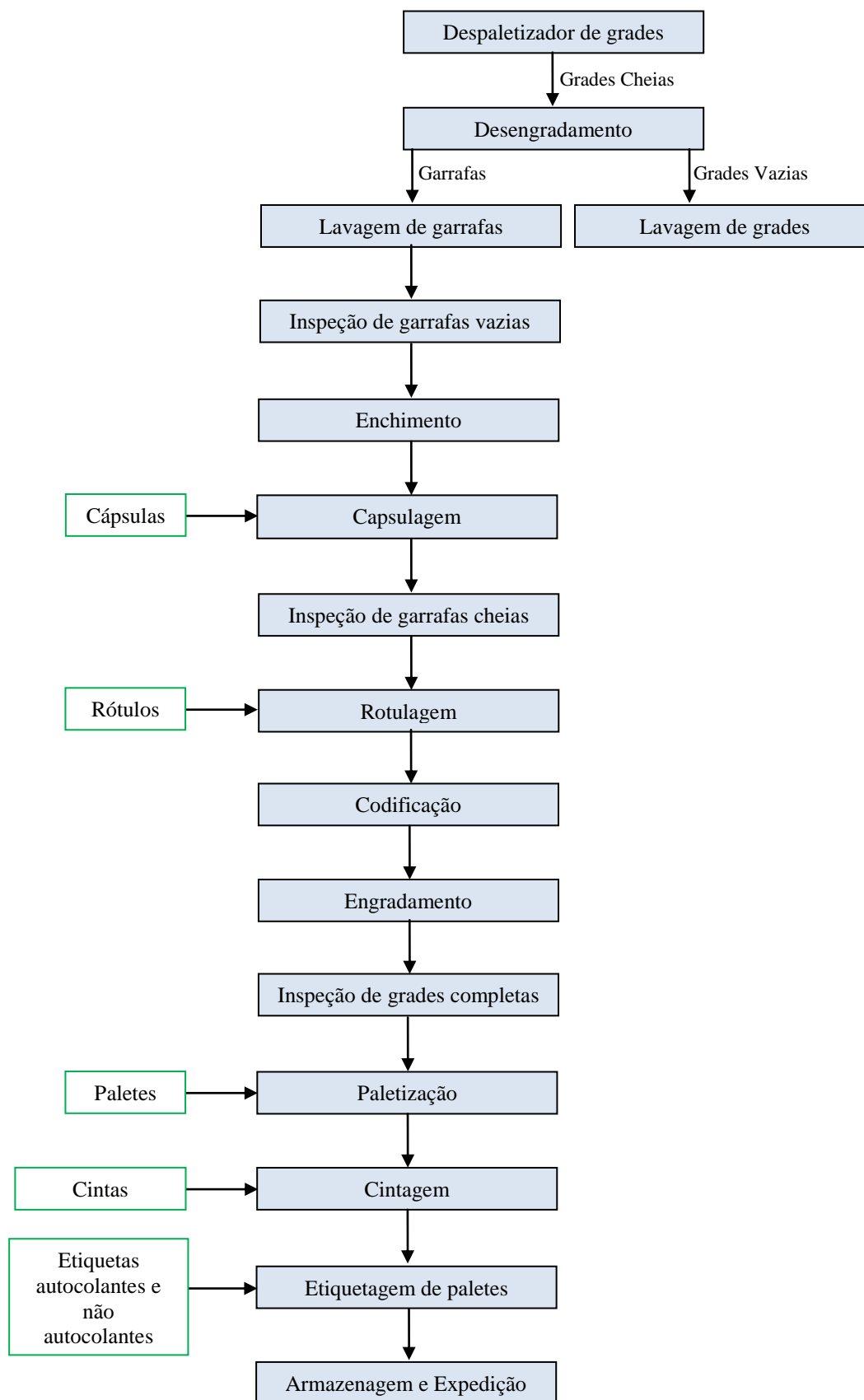
As garrafas entram na máquina denominada por lavadora, onde se inicia a operação de lavagem. Neste processo as garrafas são pré-aquecidas, são lavadas em sucessivos banhos, e enxaguadas. Após o 1º banho procede-se à injeção de soda e na fase final as garrafas são enxaguadas apenas com água.

Depois de lavadas, as garrafas seguem para o inspetor, o qual apresenta um dispositivo eletrónico que permite eliminar garrafas partidas, mal lavadas e de outras marcas. Posteriormente passam à operação de enchimento, na enchedora, com água mineral natural.

Logo após o enchimento, procede-se à capsulagem e de seguida são novamente inspecionadas. As garrafas seguem até à rotuladora, através de transportadores e são codificadas no rótulo. De seguida são introduzidas nas grades já lavadas. O engradamento é feito com o recurso a uma máquina denominada por engradadora.

Depois do engradamento, as grades são novamente inspecionadas para verificar se estão totalmente cheias ou não. Posteriormente são paletizadas, cintadas, etiquetadas e armazenadas.

A Figura 3.13 ilustra o processo produtivo associado ao enchimento de garrafas de vidro.



**Figura 3.13-** Fluxograma do processo produtivo associado ao enchimento das garrafas de vidro.

Fonte: Própria.

**3.3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ASSOCIADO AO ENCHIMENTO DOS  
GARRAFÕES DE 18,9 L**

Depois dos garrafões serem retirados dos contentores, é-lhes retirada a cápsula. Posteriormente é feita a triagem de garrafões que permite identificar se estão danificados e/ou sem rótulos.

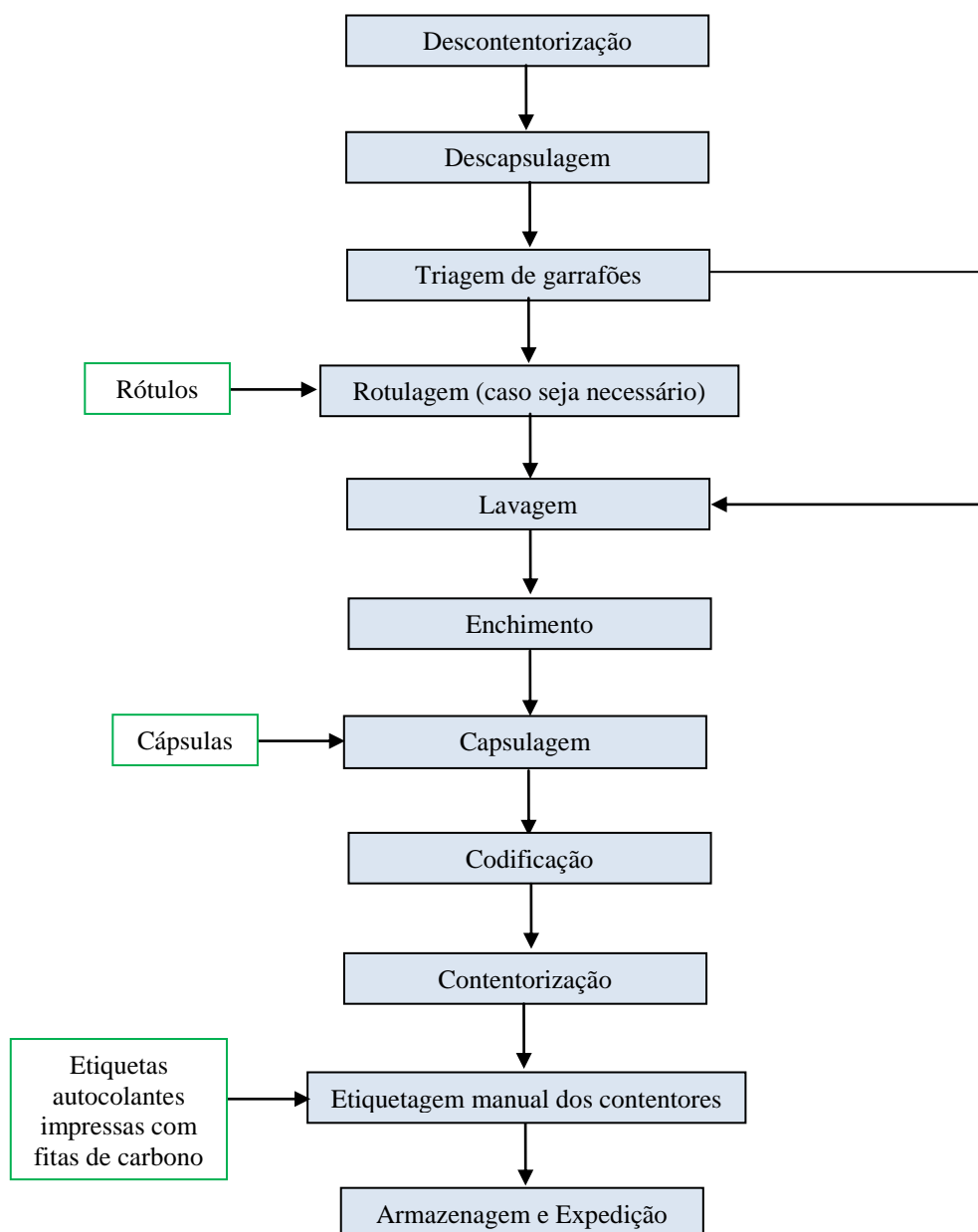
Caso os garrafões possuam rótulos entram na lavadora para dar início à operação de lavagem, caso contrário terão de ser rotulados primeiro. O processo de lavagem é semelhante ao das garrafas de vidro.

Depois de lavados, os garrafões passam à operação de enchimento, na enchedora. De seguida procede-se à capsulagem e codificação.

Os garrafões são colocados novamente em contentores e é aplicada uma etiqueta manualmente com o código de barras.

Quando a palete se encontra pronta, é retirada por um empilhador para o armazém de produto acabado.

Na Figura 3.14 observa-se o processo produtivo associado ao enchimento de garrafões de 18,9 L.



**Figura 3.14-** Fluxograma do processo produtivo associado ao enchimento dos garraões 18,9 L.

**Fonte:** Própria.

### **3.3.3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ASSOCIADO AO ENCHIMENTO DAS GARRAFAS/GARRAFÕES DE “PET”**

As garrafas de “PET” têm as seguintes capacidades 0,33 L, 0,5 L, 0,75 L, 1,5 L, e os garrafões são de 5,4 L e 7 L, ambos apresentam características “não retornáveis”.

A Logoplaste tem as suas instalações na fábrica do Cruzeiro, evitando, desta forma que no transporte e na trasfega das garrafas, estas não estejam sujeitas a impurezas, sendo assim garantida uma maior qualidade.

As garrafas vazias são transportadas através de transportadores pneumáticos de garrafas até à enchedora.

Na enchedora realiza-se o enchimento do produto final para consumo. O enchimento das garrafas pode ser feito com água mineral natural ou com água de nascente. Por fim, as garrafas já depois de cheias são capsuladas.

De seguida as garrafas cheias são transportadas até à entrada da rotuladora, por transportadores.

A rotuladora é responsável pela colocação de rótulos nas garrafas. Desta máquina seguem, numa passadeira, até à envolvedora de packs. Depois desta máquina, é marcado, na própria garrafa, o código de lote, de turno, validade e data de produção da mesma. Este processo é feito através de um laser que “imprime” na garrafa.

Nesta fase as garrafas são agrupadas em packs (a quantidade depende do tipo de garrafa a ser produzido), e são envolvidas num filme de plástico que será aquecido para que fique firme, seguindo para a agrupadora de packs.

O transportador de packs encaminha-os para a agrupadora de packs. Esta máquina tem como função agrupar os pequenos packs anteriores e formar packs maiores. Estes serão envoltos em filme de plástico, seguindo um processo idêntico ao da envolvedora anterior. No caso dos packs de seis, de garrafas de 1,5 L, após serem agrupadas, são-lhe aplicadas pegas de cartolina.

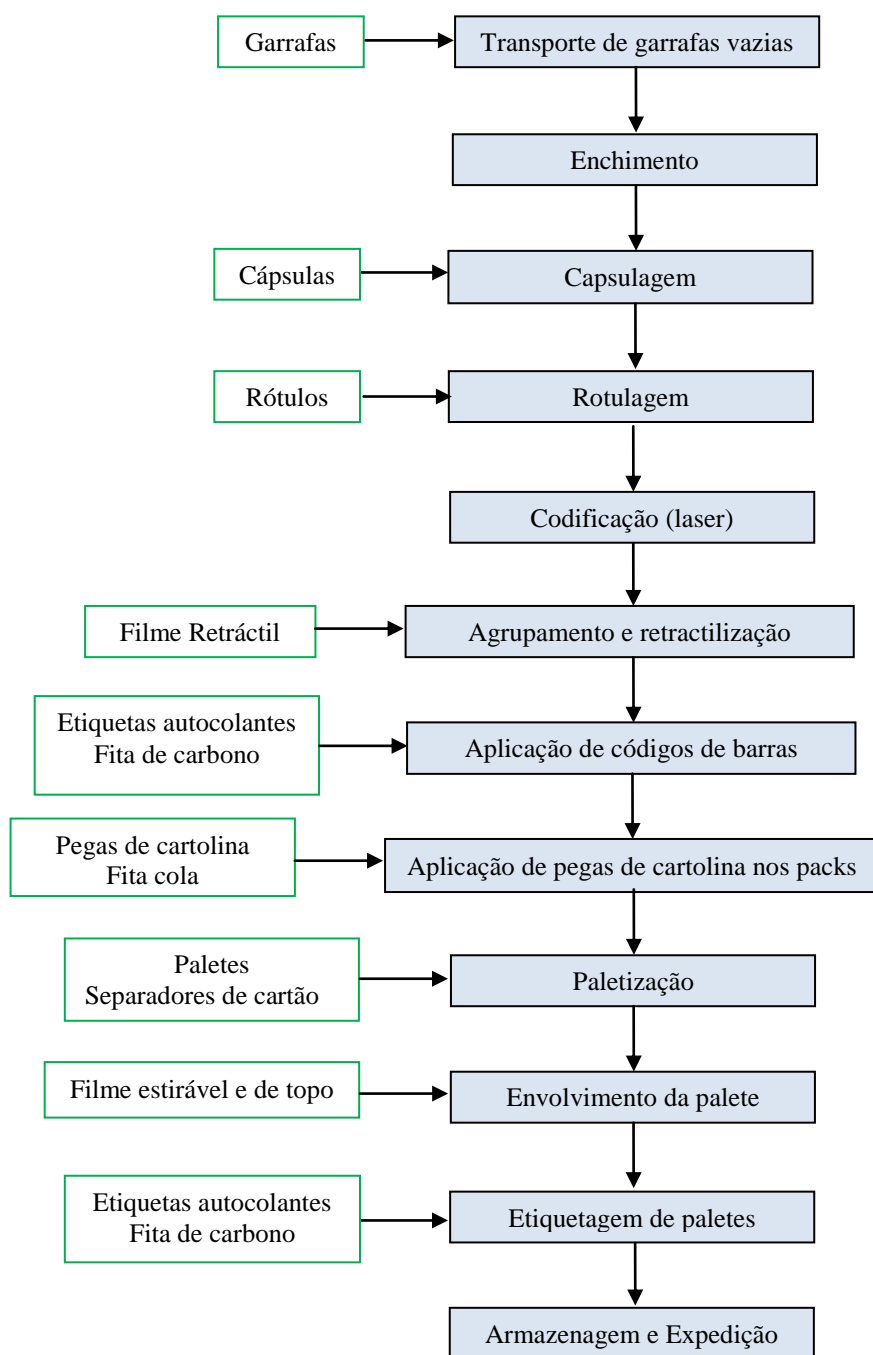
Na paletizadora são formadas as paletes de diversas camadas. Estas camadas, dependendo do tipo de garrafas, têm de ser dispostas de maneira a não existir a possibilidade de tombar. Sendo assim, é necessário efetuar um determinado mosaico que na camada seguinte deverá ser o inverso, e assim sucessivamente. A separação das camadas é feita através de um separador em cartão.

A envolvedora de paletes é a última máquina existente na linha. Esta tem a função de envolver as paletes com um filme estirável. Após esta fase, existe uma máquina que imprime e coloca na paleta uma etiqueta com o código de barras, o qual permite identificar e diferenciar esta paleta de qualquer outra.

Quando a paleta se encontra pronta, é retirada por um empilhador para o armazém de produto acabado.

O processo produtivo de enchimento de garrações “PET” não vai ser apresentado pois só vai diferir entre a etapa da capsulagem e da rotulagem, uma vez que os garrações são posicionados e é-lhes aplicado uma pega. Para além disso, na fase de agrupamento estes podem ser agrupados em packs de três garrações ou são paletizados a granel.

A Figura 3.15 ilustra o processo produtivo associado ao enchimento de garrafas “PET”.



**Figura 3.15-** Fluxograma do processo produtivo associado ao enchimento de garrafas “PET”.

**Fonte:** Própria.



### 3.4 CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA

A caracterização energética da empresa é feita com recurso aos dados da auditoria energética realizada, no ano 2010.

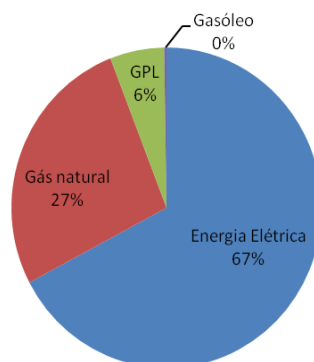
No ano 2009, a Sociedade da Água de Luso consumiu 999 tep/ano de energia o que corresponde a um custo de 432.043 € e encheu 735.909 hL de água mineral natural luso e água nascente cruzeiro. Esta empresa consome quatro fontes de energia, nomeadamente energia elétrica, gás natural, gás de petróleo liquefeito (GPL) e gasóleo, Tabela 3.6. (CTVC, 2010)

**Tabela 3.6-** Consumos e custo de energia, no ano 2009.

Fonte: CTVC, 2010.

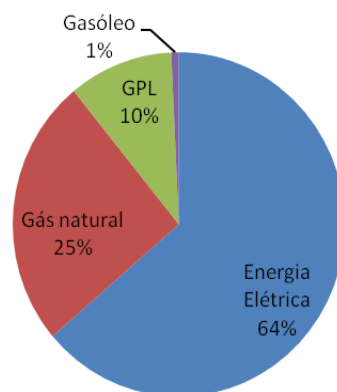
Tipo de energia	Quantidade de energia		Custo	%	Energia	%
			€		tep	
Energia Elétrica	(kWh)	3.127.217	275.358	63,7	672	67,3
Gás natural	m <sup>3</sup> (n)	296.369	109.615	25,4	268	26,8
GPL	kg	51,31	43.920	10,2	56	5,6
Gasóleo	l	2.954	3.150	0,7	2	0,2
Total		[-]	432.043	100	999	100

De entre os vários tipos de energia, é a energia elétrica que apresenta um maior consumo cerca de 67%, seguida pelo gás natural com 27%, Figura 3.16. Desta forma, é sobre estes dois tipos de energia que o custo energético tem maior incidência. Assim, a energia elétrica tem um peso de 64% e o gás natural 25%, Figura 3.17 (CTVC, 2010).



**Figura 3.16-** Distribuição dos consumos energéticos, por tipo de energia, em tep.

**Fonte:** CTVC, 2010.



**Figura 3.17-** Distribuição de custos, por tipo de energia, em euros.

**Fonte:** CTVC, 2010.

No que se refere aos indicadores, consumo específico, indicador de intensidade energética e intensidade carbónica os valores obtidos foram 1,358 kgep/hL, 0,105 kgep/€ e 2,35 tCO<sub>2</sub>e /tep respetivamente (CTVC,2010).

## **CAPÍTULO 4- SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO E RECOLHA DE DADOS**

O *software* de monitorização e recolha de dados armazena a informação dos diversos dispositivos (sensores analógicos ou digitais) instalados na fábrica numa base de dados. Posteriormente essa informação pode ser analisada para melhorar os consumos energéticos, estimar custos ou detetar anomalias nas diversas utilidades.

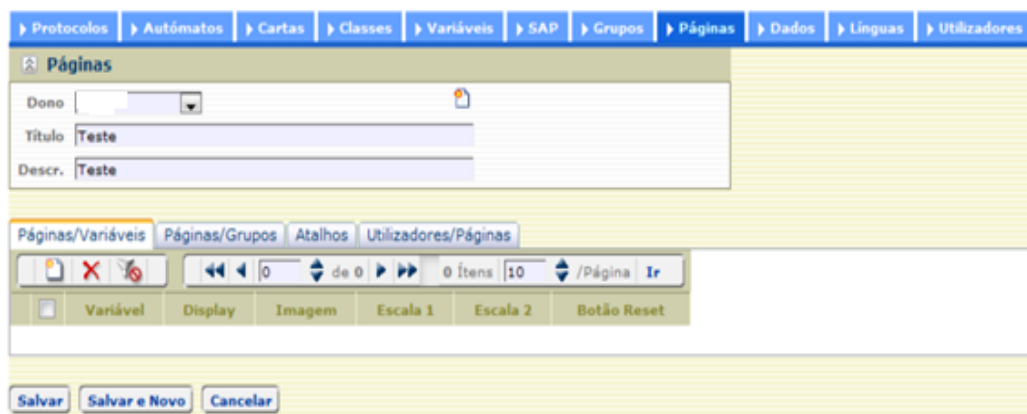
Os dados recolhidos são relativos a energia elétrica, produção de ar comprimido, consumo de água em cada linha de enchimento e no processo, níveis nos depósitos de armazenagem, caudal em cada furo, pressão, estado e às horas de trabalho das caldeiras que geram o vapor.

Desta forma consegue-se ter um maior controlo sobre os consumos energéticos face aos horários de laboração e assim, facilmente se consegue detetar consumos anormais, intervindo rapidamente de modo a que não haja consumos energéticos desnecessários.

O *software* é composto por uma interface de utilizador com os diversos menus de navegação, uma base de dados de armazenamento e um programa de troca de informação com o PLC.

### **4.1 CARATERIZAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO INTERFACE DE UTILIZADOR**

No interface de utilizador pode-se interagir com os seguintes menus: protocolos, autómatos, cartas, classes, variáveis, grupos, páginas, dados, SAP, línguas e utilizadores. De seguida, apresentam-se os menus que são mais utilizados na consulta de dados, nomeadamente protocolos, autómatos, cartas, classes, variáveis, grupos, páginas e dados, Figura 4.18.



**Figura 4.18-** Menus existentes no *software*.

**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.

O separador protocolos contém os protocolos de comunicação dos autómatos. Neste separador é possível visualizar o caminho e o nome do ficheiro DLL usado para o protocolo.

No separador automático visualizam-se os autómatos que estão configurados no sistema. No referido separador é possível observar o estado de comunicação do automático (online e offline), o endereço do automático e o respetivo protocolo de comunicação.

Os autómatos são compostos por cartas analógicas e digitais de entrada. Estas denominam-se por canais.

As cartas são constituídas por:

- Endereço que corresponde à posição da carta em cada automático.
- Endereço do DATA BLOCO que o automático utiliza para guardar a informação.
- Tipo de carta este pode ser analógico ou digital. Caso a carta receba e envie dados do tipo analógico a informação dada varia no tempo de um modo análogo ao da propriedade física que esteve na sua origem. Estes sinais são contínuos e podem assumir qualquer valor entre dois limites. Os valores das cartas digitais não variam

continuamente ao longo do tempo, apenas podem assumir dois valores (0 ou 1) é essencialmente uma representação codificada da informação original.

- Número de canais que cada uma tem.
- Autômato onde se encontra, Figura 4.19.

Descr.	Endereço	DB	Tipo	Canais	Autômato
ET200 - PT1 - Carta 1	15	DB516	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 2	16	DB517	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 3	17	DB518	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 4	18	DB519	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 5	19	DB520	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 6	20	DB521	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 7	21	DB522	Digital	4	Supervisão
ET200 - PT1 - Carta 8	22	DB523	Digital	4	Supervisão
ET200 Edif. Serviços - Carta 1	272	DB503	Analógica	2	Supervisão
ET200 Edif. Serviços - Carta 4	3	DB515	Digital	4	Supervisão

**Figura 4.19-** Menu Cartas.

**Fonte:** Software de monitorização e recolha de dados.

Os canais representam as entradas analógicas e digitais para recolher dados. Os dados adquiridos são armazenados em memória. Cada variável tem o respetivo tempo de integração (indica os intervalos de tempo que vão registar os valores), o fator de conversão e o número do canal, Figura 4.20. O fator de conversão é um número que está associado à grandeza da variável, sendo a equivalência de cada impulso. Assim, por cada impulso, o sistema incrementa o valor relacionado com este fator. Por exemplo, se a variável for um contador parcial de energia elétrica, se o fator de conversão for igual a 20 kWh, o tempo de integração 60 minutos, e se o sistema receber os dois impulsos, então significa que o sistema vai contabilizar 40 kWh (20 kWh por cada impulso).

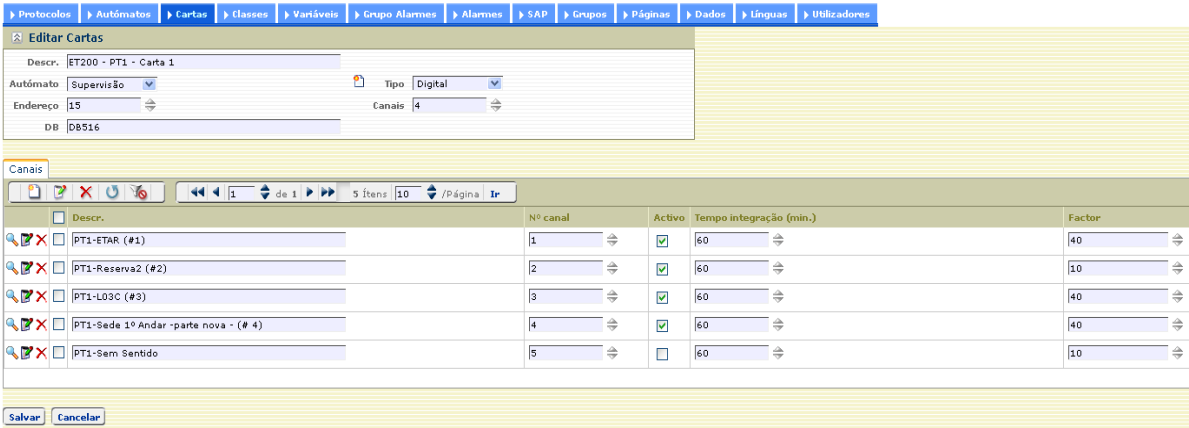


Figura 4.20- Submenu Canais.

Fonte: Software de monitorização e recolha de dados.

As variáveis podem ser agrupadas em classes, por exemplo água, energia elétrica, ar comprimido e vapor, Figura 4.21.

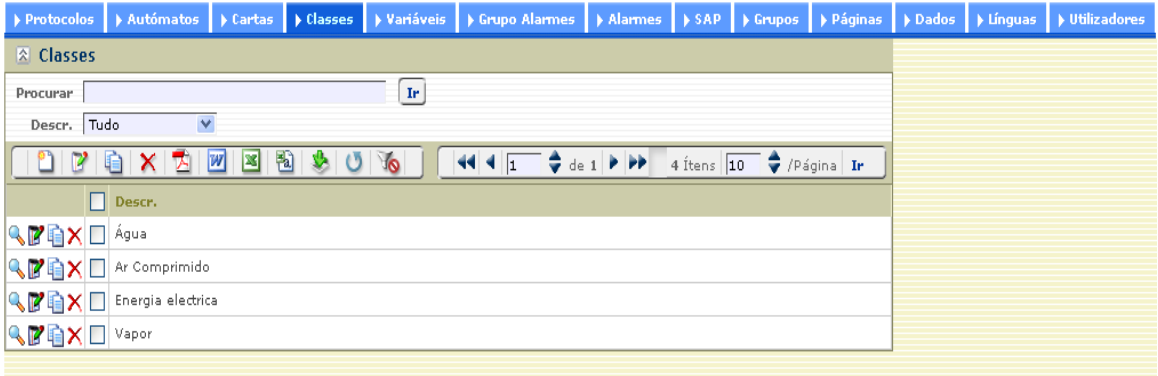


Figura 4.21- Menu Classes.

Fonte: Software de monitorização e recolha de dados.

As variáveis são configuradas/adicionadas/modificadas no menu variáveis. Depois de existirem podem ser mostradas nas páginas criadas pelos utilizadores. Cada variável apresenta a sua identificação, o formato que corresponde à unidade associada à variável, os limites, o endereço do canal à qual esta variável está associada e o tipo de contador. O

valor mínimo e máximo, só são importantes para visualizar os dados através de caudalímetros, Figura 4.22.

Editar Variáveis																																	
Variável	Caudalimetro Linha 01C-CI (#FT01C)																																
Valor mín.	0																																
Valor máx.	100																																
Red line mín.	0																																
Red line máx.	0																																
Green line mín.	0																																
Green line máx.	0																																
Yellow line mín.	0																																
Yellow line máx.	0																																
Classe	Ar Comprimido																																
Formato	0Nm3																																
Canal	Caudalimetro Linha 01C (#FT01C)																																
Tipo de Contador	Integral																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Canal</th> <th>Caudalimetro Linha 01C (#FT01C)</th> <th>Activo</th> <th>Sim</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº canal</td> <td>1</td> <td>Tempo integração (min.)</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Factor</td> <td>0,05</td> <td>Carta</td> <td>ET200 Edif. Servicos - Carta 7</td> </tr> <tr> <td>Tipo</td> <td>Digital</td> <td>Endereço</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DB</td> <td>D8524</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Canais</td> <td>4</td> <td>Autómato</td> <td>Supervisão</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Online</td> <td>Protocolo</td> <td>Siemens</td> </tr> <tr> <td>Endereço autómato</td> <td colspan="3">S7:[PLC_Superviso]</td> </tr> </tbody> </table>		Canal	Caudalimetro Linha 01C (#FT01C)	Activo	Sim	Nº canal	1	Tempo integração (min.)	60	Factor	0,05	Carta	ET200 Edif. Servicos - Carta 7	Tipo	Digital	Endereço	0	DB	D8524			Canais	4	Autómato	Supervisão	Estado	Online	Protocolo	Siemens	Endereço autómato	S7:[PLC_Superviso]		
Canal	Caudalimetro Linha 01C (#FT01C)	Activo	Sim																														
Nº canal	1	Tempo integração (min.)	60																														
Factor	0,05	Carta	ET200 Edif. Servicos - Carta 7																														
Tipo	Digital	Endereço	0																														
DB	D8524																																
Canais	4	Autómato	Supervisão																														
Estado	Online	Protocolo	Siemens																														
Endereço autómato	S7:[PLC_Superviso]																																

**Figura 4.22-** Menu Variáveis.

**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.

O tipo de contador pode ser associado a uma contagem parcial ou total. Na contagem parcial o sistema conta no tempo definido pelo integral e gera esse valor no tempo definido pelo intervalo de integração. Na contagem total o contador está sempre a incrementar e a guardar o valor no tempo definido pelo intervalo de integração.

Nos grupos associam-se as várias variáveis usando uma expressão aritmética e mostra-se esse resultado numa página, já existente ou não, como se fosse uma variável. Os grupos apresentam a identificação do grupo e a classe a que pertence.

As páginas podem ser visualizadas por vários utilizadores, mas só podem ser editados pelo respetivo dono, ou seja, o utilizador só pode editar a página, o título da página e a sua descrição.

Nas páginas configura-se o que vai ser apresentado no menu dados, vai-se adicionando as variáveis e o tipo de display pretendido, ou seja, a visualização em forma de tabela ou caudalímetro. Para o display tipo caudalímetro tem de se definir uma escala primária e uma escala intermédia, no menu variáveis. A escala primária divide o valor máximo, definido

no menu variáveis. Assim, se o valor máximo definido for 100 e a escala primária for 10 os valores vão ser apresentados de 10 em 10. A escala intermédia divide em valores iguais cada intervalo da escala principal, pelo que se o valor atribuído à escala intermédia for 2 os valores apresentados vão ser de 5 em 5, Figura 4.23.

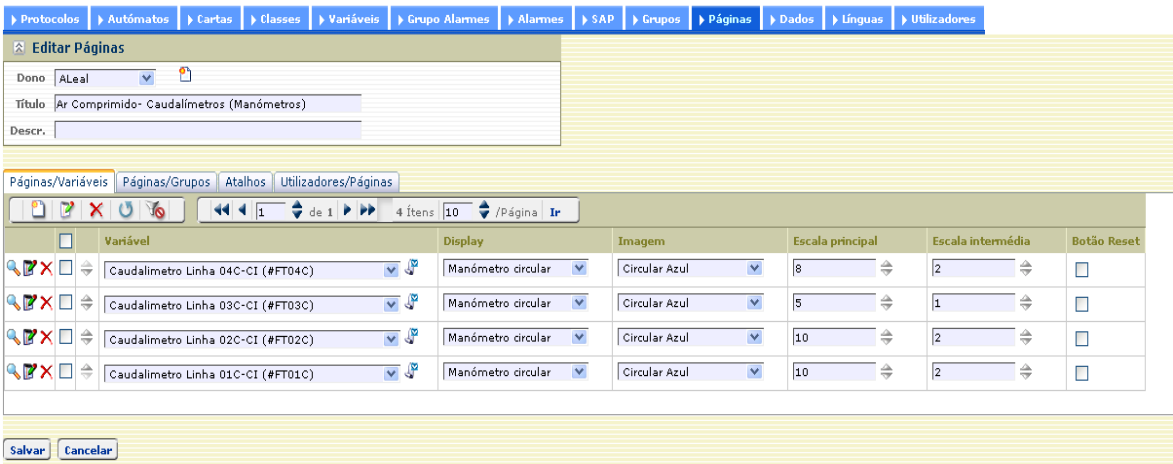


Figura 4.23- Menu Páginas.

Fonte: Software de monitorização e recolha de dados.

Cada página pode ter variáveis isoladas ou em grupos que são mostradas com o display do tipo tabela ou caudalímetro. As páginas devem conter ligações para outras páginas para melhorar a rapidez de navegação.

No menu dados podem ser observadas as páginas criadas. Os dados podem ser visualizados por hora, dia ou mês. Para além disso, podem ser consultados através de indicadores digitais nomeadamente, caudalímetros, tabelas e gráficos.



## 4.2 CARATERIZAÇÃO E CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA

Para ser possível monitorizar e registar os dados de todos os consumidores no *software* foi necessário instalar contadores parciais de energia elétrica, caudalímetros de ar comprimido, água e vapor, sensores da pressão e do estado que estão interligados ao sistema através dos vários autómatos existentes na rede. Na rede de vapor foram instalados sensores que permitem monitorizar a pressão, o estado e as horas de trabalho das caldeiras que geram o vapor e também foram colocados caudalímetros para controlar a pressão. Para além disto, também foi útil integrar no *software* os valores relativos à captação e ao armazenamento de água. Os dados relativos a estas duas variáveis chegam ao *software* através de sensores, os quais recebem o valor do caudal nos furos e o nível nos depósitos. A distribuição de água também é incluída no *software*. Este vai receber informações sobre o caudal e o tipo de água (Luso, Cruzeiro ou serviços) que está a ser utilizada no processo de enchimento ou lavagens através da instalação de caudalímetros e sensores, respetivamente.

Após a instalação de todos os contadores parciais de energia elétrica, caudalímetros e sensores foi necessário ligar todos os componentes aos respetivos autómatos, nos diversos locais.

O sistema é composto por vários autómatos e encontram-se interligados entre si através de uma rede *profibus*. As ligações ao servidor são feitas através de *Ethernet*.

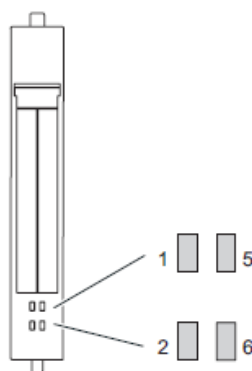
O *software* em questão foi desenvolvido pela Einaus, atual *Windwater*. Este vai registar dados numa base de dados (SQL server). As comunicações entre os autómatos programáveis e o SQL são garantidas através do *Software Bridge*, fazendo uso da Siemens *Simatic Net- OPC*.

O sistema apresenta uma rede de campo, a qual é composta por autómatos da Siemens, os quais estão ligados por uma rede *profibus*. Para além disso, este sistema apresenta duas bases de dados, uma para a configuração do sistema, e outra para o arquivo dos dados lidos e respetivas estatísticas.

A interface com o utilizador é via *browser*, cada operador pode abrir as janelas que necessitar para aceder e visualizar o sistema.

Cada autómato é composto por várias cartas, estas podem ser analógicas ou digitais, conforme o tipo de contador ou caudalímetro instalado. Assim, se o caudalímetro/contador tiver como objetivo visualizar o estado instantâneo (valores contínuos), este tem de estar ligado a uma carta do tipo analógico. Caso o caudalímetro/contador estiver destinado à contagem acumulativa de valores as cartas vão ser digitais.

As cartas apresentam, por norma, quatro entradas, ou seja, por cada carta existe a possibilidade de ligar quatro contadores/caudalímetros/sensores, Figura 4.24. Estas entradas vão corresponder aos canais no *software*, os quais têm de ser programados em primeiro lugar através dos programas dos autómatos.



**Figura 4.24-** Carta com quatro entradas.

**Fonte:** Siemens.

No servidor existe uma base de dados que está programada em SQL, a qual vai buscar informação aos diversos autómatos.

De seguida, apresenta-se um esquema, Figura 4.25, que ilustra todas as ligações do sistema, os autómatos e os respetivos locais e o tipo de informação que cada um vai receber.

O autómato fábrica Luso, termas Luso, linha assética e fábrica velha estão ligados ao servidor através de ligação *Ethernet*. Entre si os autómatos estão ligados através de ligação *profibus*.

O autómato que se encontra nas antigas instalações da fábrica no Luso e nas termas é composto por cartas analógicas e digitais, às quais estão ligadas caudalímetros e sensores que permitem ver o nível dos depósitos, os caudais instantâneos e totais das condutas e furos.

No pavilhão da linha asséptica existem dois autómatos. Um localiza-se junto ao posto de transformação 2 (PT2) e outro na sala de comando. Assim, o autómato junto do PT2 é composto por cartas digitais de quatro entradas, às quais estão ligados apenas contadores parciais de energia elétrica. O autómato que se localiza na sala de comando apresenta cartas analógicas e digitais onde estão conectados caudalímetros de ar comprimido, água e vapor, bem como sensores de pressão e de estado.

No autómato que se localiza no edifício de serviços, existem também cartas digitais e analógicas. Nas cartas digitais estão ligados os contadores de energia elétrica, os caudalímetros de ar comprimido e os caudalímetros de vapor e nas analógicas estão conectados os sensores de pressão de vapor.

O autómato que se encontra na sala de bombagem, contém cartas digitais onde vão estar ligados contadores parciais de energia elétrica e caudalímetros para contagem de água, e na carta analógica está conectado o sensor de nível da armazenagem de água.

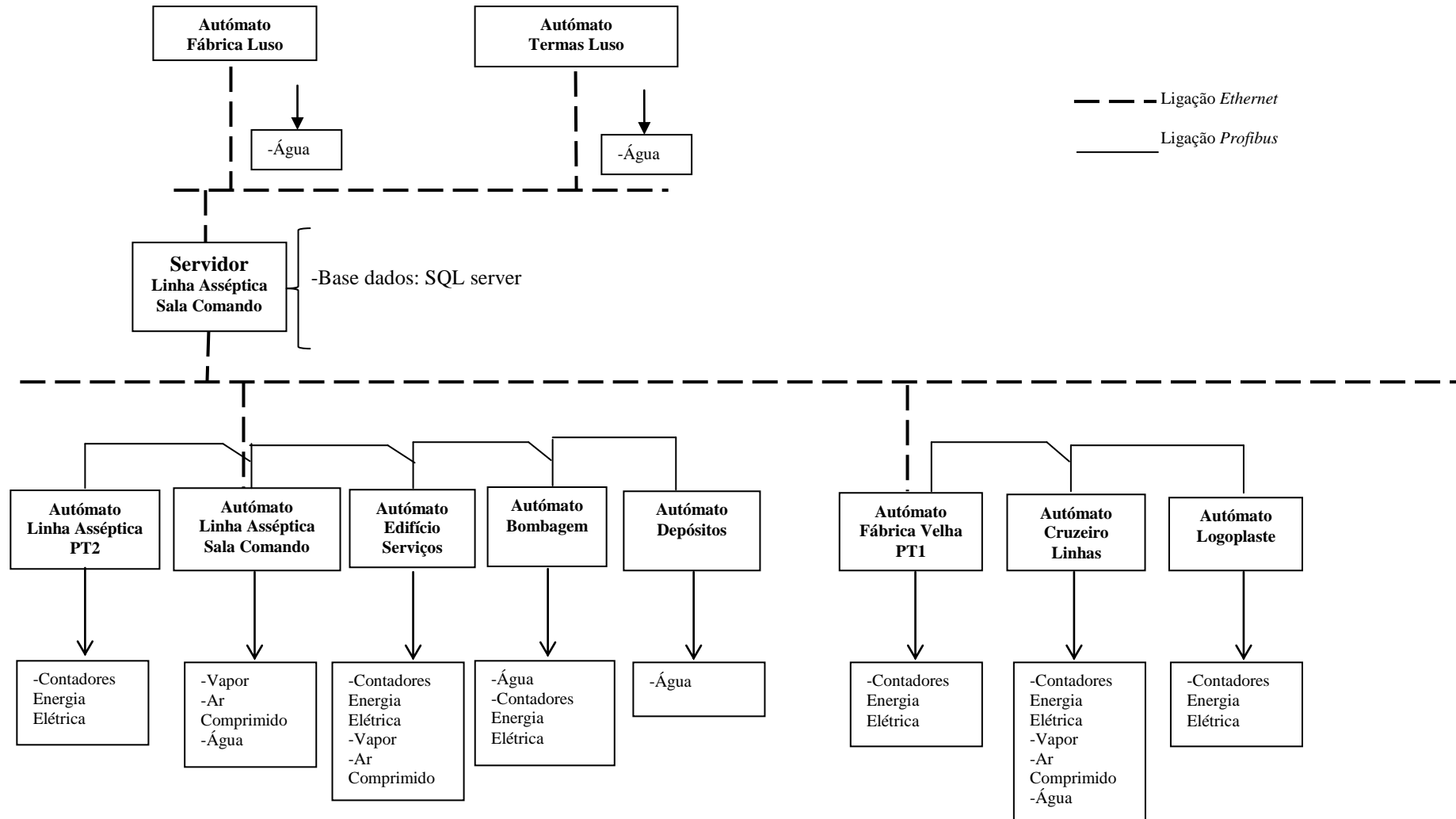
No autómato que está localizado na sala dos depósitos existem cartas analógicas onde estão ligados sensores para detetarem o nível nos depósitos.

Junto ao PT1, no Pólo 1 e nas instalações da Logoplaste existe um autómato, que é composto por cartas digitais de quatro entradas onde se encontram ligados os contadores parciais de energia elétrica.

O autómato que se localiza junto das linhas de enchimento (Cruzeiro Linhas) contém cartas digitais e analógicas, uma vez que foram ligados contadores parciais de energia elétrica, caudalímetros e sensores.

É importante referir que já existia um *software* de supervisão e controlo denominado por WinCC, o qual se encontra instalado num computador, na sala de comando, na linha asséptica. Através deste já estavam a ser monitorizados alguns consumos e estados

relativos ao ar comprimido, ao vapor, às captações, à armazenagem e à distribuição de água. De forma a ter tudo centralizado, para facilitar a monitorização dos consumos e dos estados, as variáveis correspondentes a estes, foram programadas no *software* atual.



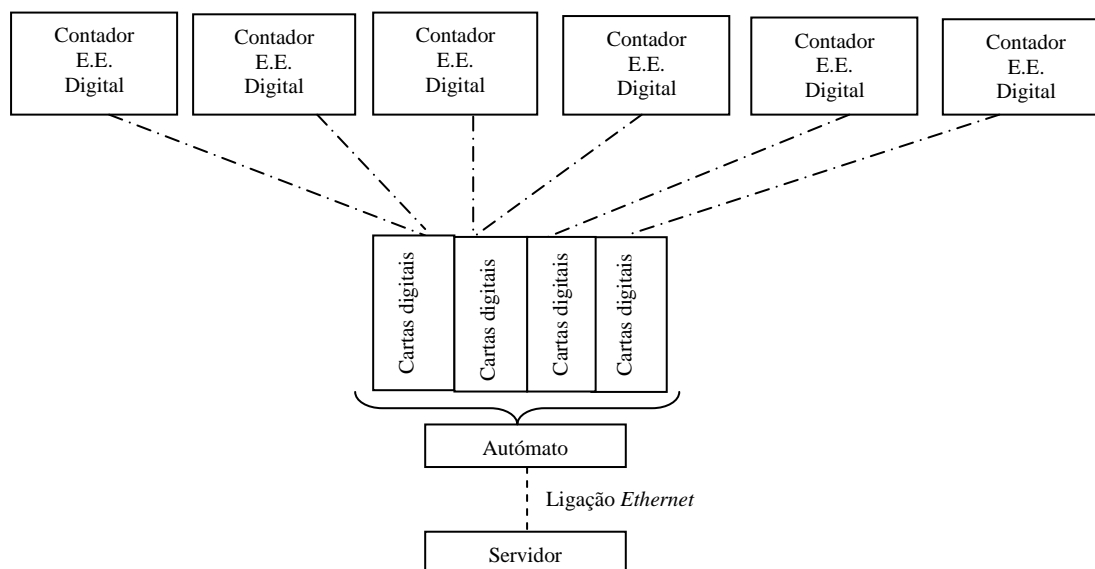
**Figura 4.25-** Esquema do sistema de monitorização e recolha de dados.

Fonte: Própria

### 4.2.1 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Na parte da distribuição de energia elétrica foram instalados contadores parciais digitais de energia elétrica, por cada foco de consumo, para haver um maior controlo do consumo da energia elétrica. No total existem 77 contadores da marca Merlin Gerin e Scheneider Electric, do tipo ME4zrt, ME4zr, iME4ZR, ME1zr e iME3110. Os contadores parciais instalados são digitais pois pretende-se obter o número de impulsos por kWh.

Assim, foi necessário ligar cada contador através de cabos, à respetiva entrada na carta do autómato. Este por sua vez encontra-se ligado ao servidor por *Ethernet*, Figura 4.26.



**Figura 4.26-** Esquema de ligação do sistema de monitorização de energia elétrica.

**Fonte:** Própria.

No que diz respeito às variáveis de energia elétrica que já estão integradas no *software*, foi necessário proceder à sua validação, isto é, confirmar os fatores de conversão e saber se os consumos de energia elétrica obtidos no *software* são idênticos aos que se retiram dos contadores parciais. Para tal, verificaram-se os transformadores de corrente de cada contador a fim de perceber se o fator de conversão estaria correto. Foram efetuados testes, simulando os impulsos de corrente, diretamente nos contadores, para verificar se o autómato procedia, à total conversão dos mesmos e se o sistema os recebia.

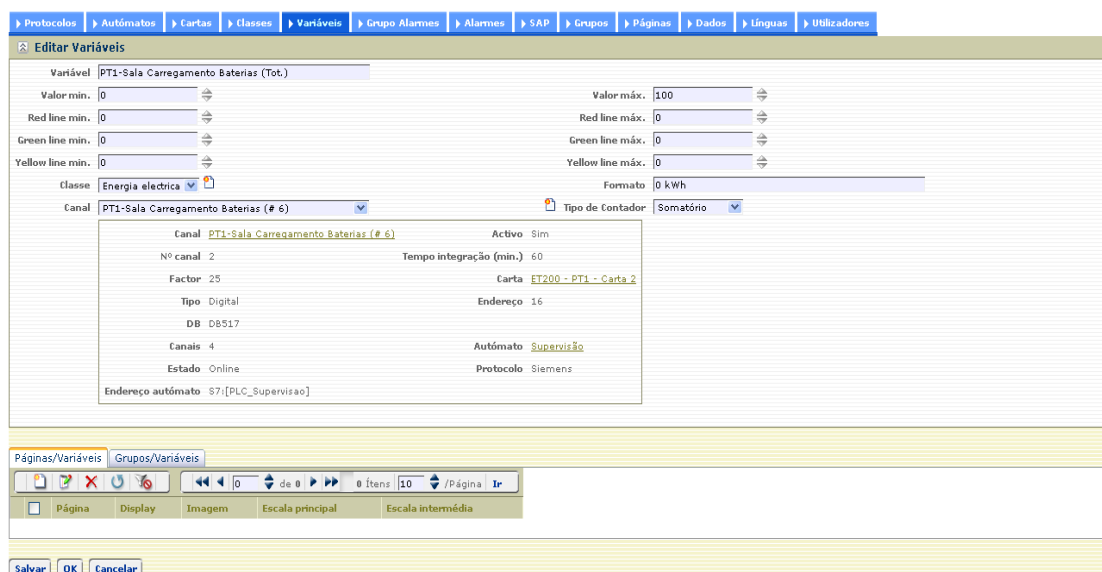
No fim de aplicar o procedimento descrito anteriormente, verificou-se que as variáveis que estão ligadas, no autómato junto ao posto de transformação 2 (PT2) apresentam o fator de conversão correto, pois o valor obtido no *software* coincide com o valor registado nos contadores físicos. Relativamente às variáveis do PT1, o fator de conversão de algumas variáveis teve de ser corrigido, pois não estava de acordo com os transformadores de corrente e por isso os valores não coincidiam.

Uma vez que existiam contadores parciais de energia elétrica por ligar, foi fundamental proceder à sua ligação. Posteriormente foi necessário criar a variável correspondente. Para criar a variável é preciso saber qual a entrada e a carta no autómato, ao qual o contador foi ligado. Esta informação é útil para programar o canal, no *software*, pois só assim, os valores são lidos corretamente.

Após a criação da variável procedeu-se à validação das mesmas. Numa primeira fase, colocou-se o fator de conversão calculado, igual a 1, e durante uma semana procedeu-se à validação para saber qual seria o fator de cada variável. Numa segunda fase, depois desse valor descoberto, verificou-se se o valor que estava presente no *software* correspondia ao que se encontrava no contador parcial de energia elétrica. Caso correspondesse não se alterava, caso contrário procedia-se à sua correção.

As variáveis foram criadas segundo o procedimento que se passa a apresentar:

- Adicionar variáveis, no menu variáveis, e colocar o nome da variável;
- Indicar a classe, à qual a variável pertence;
- Preencher o formato (formatação aplicada ao valor da variável para a apresentação dos valores) (Ex: 0,0 kWh ou 0 kWh);
- Escolher o canal da variável, já programado numa fase posterior;
- Escolher tipo contagem parcial ou total, Figura 4.27.



**Figura 4.27-** Ilustração final do procedimento de criação das variáveis.

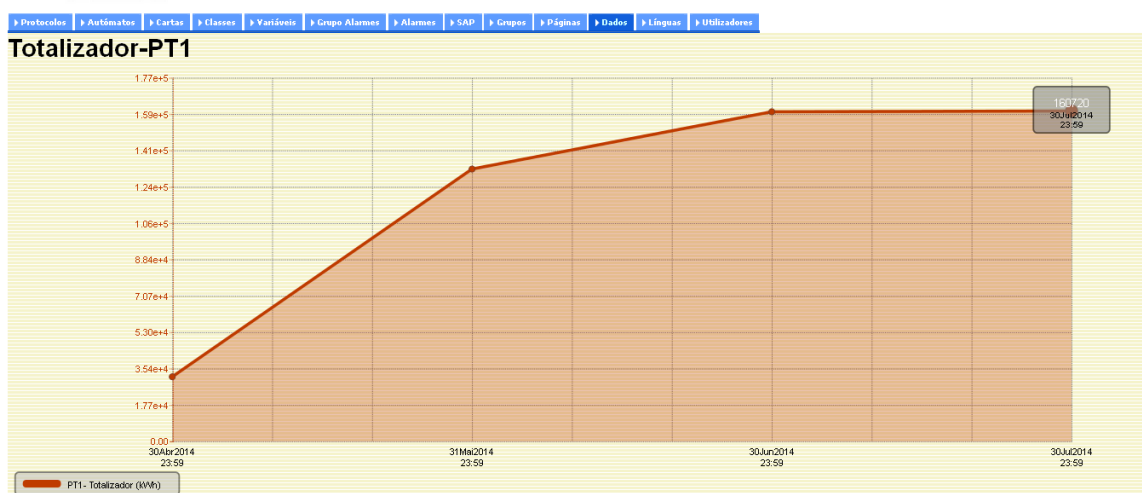
**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.

Posteriormente adiciona-se as variáveis (contadores) à página já criada anteriormente, para serem mostradas no menu dados. Este foi o procedimento utilizado para os contadores existentes no PT1 e no PT2 e para os restantes contadores que se encontram ligados a outros autômatos (edifício serviços, cruzeiro linhas e logoplaste) o processo foi o mesmo.

Para visualizar os consumos de cada consumidor foram criadas duas páginas que permitem a visualização dos consumos associados aos contadores elétricos parciais. Estes, estão instalados no PT1, PT2, e podem ser visualizados por hora/dia/mês/ano.

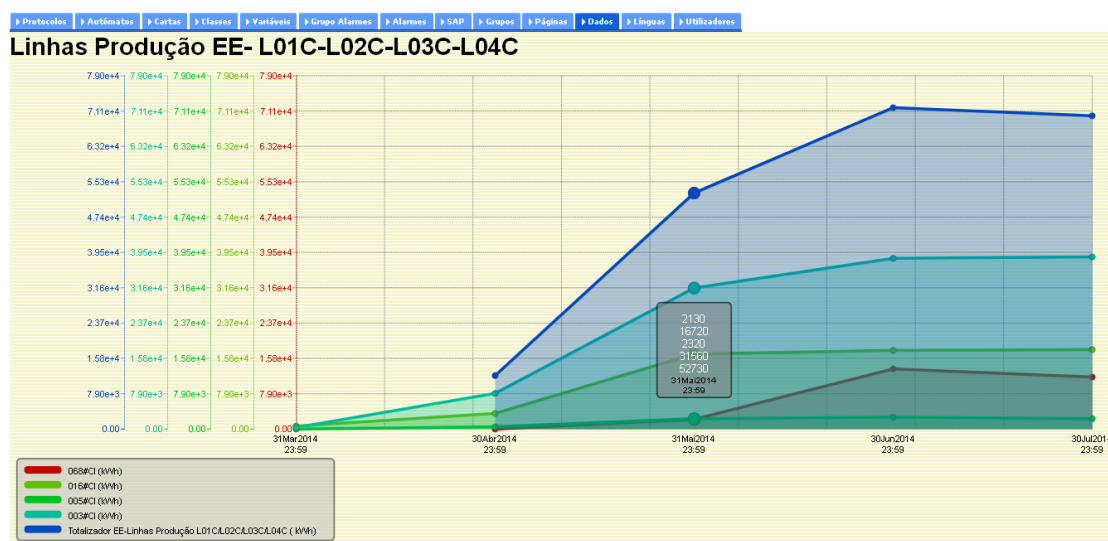
Para além disso, foram criadas páginas, denominadas por Totalizadores, onde estão associados grupos que incluem todas as variáveis de cada página, com o objetivo de obter um gráfico que pode ser visto por hora, dia, mês, ano e pode ser exportado para Excel, Figura 4.28. Desta forma, consegue-se visualizar o perfil energético associado aos consumidores de energia elétrica e perceber quais os meses que apresentam um maior e menor consumo. Para além, destas páginas foram criadas outras, apenas com as variáveis de energia elétrica que dizem respeito às linhas de produção, Figura 4.29.





**Figura 4.28-** Gráfico totalizador correspondente ao PT1, nos meses de março a julho.

**Fonte:** Software de monitorização e recolha de dados.



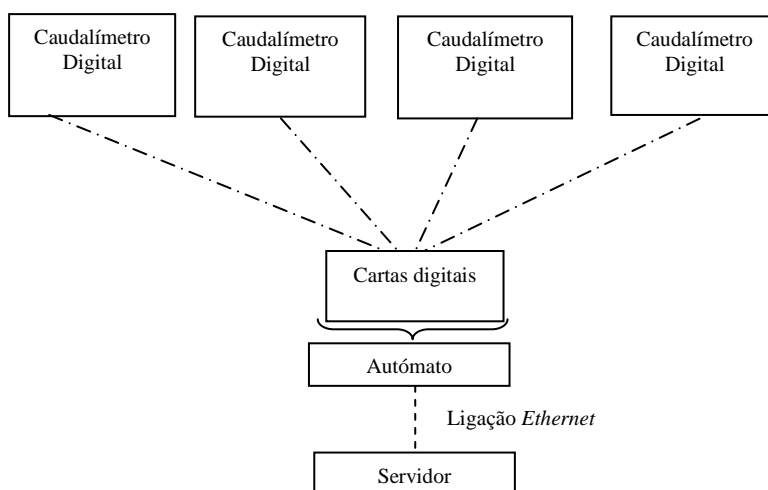
**Figura 4.29-** Gráfico totalizador correspondente às linhas L01C, L02C, L03C e L04C, nos meses de março a julho.

**Fonte:** Software de monitorização e recolha de dados.

### 4.2.2 DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO

De modo, a controlar, a detetar fugas e a reduzir o consumo de ar comprimido, foram instalados, no pavilhão do *cluster* 1 e 2 (Pólo 1), caudalímetros nas condutas de ar comprimido, que abastecem cada linha de enchimento (L01C, L02C, L03C, L04C). Após a instalação destes nas respetivas condutas, foram realizadas as ligações ao autómato, no edifício de serviços e à carta correspondente. Posteriormente os caudalímetros foram programados e foram criadas as respetivas variáveis, no *software*.

Os caudalímetros assentam sobre um sistema digital pois pretende-se obter impulsos por metro cúbico e as respetivas cartas são digitais. Desta forma foi necessário ligar cada contador através de cabos à respetiva entrada na carta do autómato. Este por sua vez encontra-se ligado ao Servidor por *Ethernet*, Figura 4.30.



**Figura 4.30-** Esquema de ligação do sistema de monitorização de ar comprimido.

**Fonte:** Própria.

O procedimento de criação de variáveis é igual ao identificado na distribuição da energia elétrica.

Numa fase posterior, procedeu-se à realização da validação dos caudalímetros de ar comprimido para verificar se os valores que o *software* registava estavam de acordo com

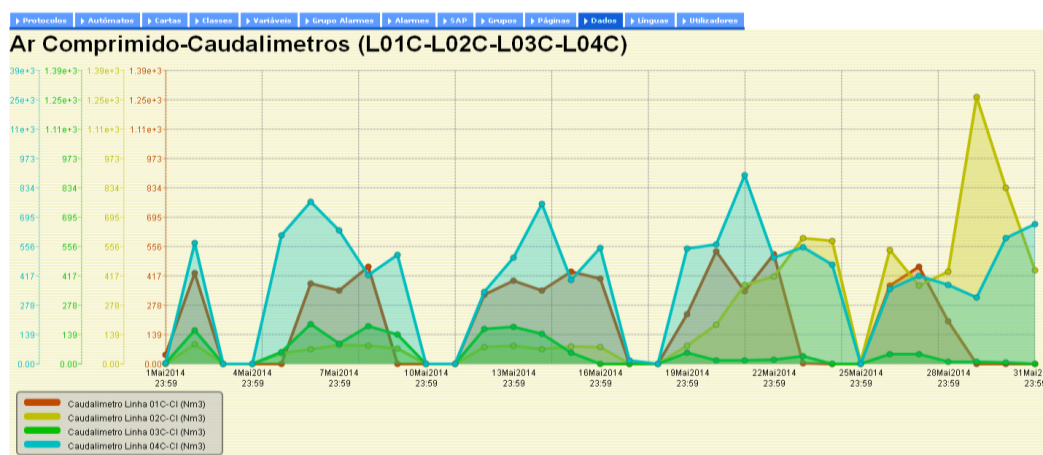
os consumos reais registados nos caudalímetros e com o fator de conversão que foi introduzido no *software*. Esta validação foi realizada durante aproximadamente um mês e compararam-se os valores registados pelo *software* e os que foram lidos diretamente nos caudalímetros. Após algumas correções no fator de conversão conclui-se que os valores no *software* estão corretos.

No pavilhão da linha asséptica (L05C e L06C) estão instalados dois caudalímetros que contabilizam o ar comprimido, um deles fornece o valor total e o outro é relativo ao ar comprimido que é consumido na linha L06C. Os registos destes dois caudalímetros estavam a ser feitos no *software* denominado por WinCC.

Após a programação destas variáveis, no novo *software*, houve necessidade de as criar, definir um fator de conversão e validá-las. A validação foi feita por comparação dos valores que estavam a chegar ao novo *software* com os que estavam no antigo.

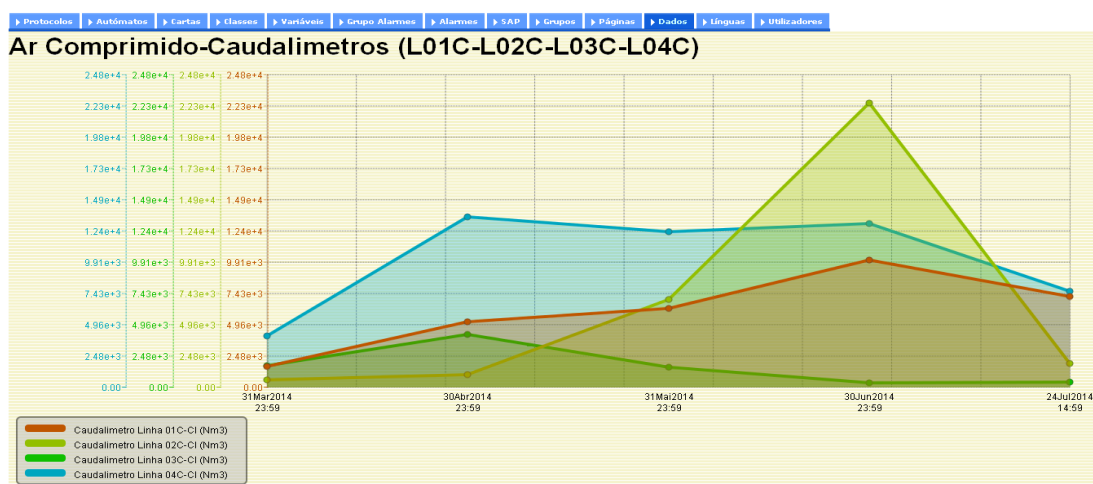
Como o *software* permite criar grupos através de uma expressão aritmética foi criado um, com intuito de saber o consumo de ar comprimido na linha L05C. O grupo em questão devolve o consumo da linha L05C, através da subtração do valor total do consumo de ar comprimido ao valor do ar comprimido da linha L06C.

Nesta seção também foram construídas páginas que permitem visualizar o consumo de ar comprimido de cada linha. Os valores dos consumos de ar comprimido podem também ser consultados em forma de tabela ou gráfico, e podem-se obter por hora, dia, mês e ano, Figuras 4.31 e 4.32.



**Figura 4.31-** Valores do consumo de ar comprimido por dia no mês de maio.

**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.



**Figura 4.32-** Valores do consumo de ar comprimido relativo às quatro linhas de enchimento nos meses de março a julho.

**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.

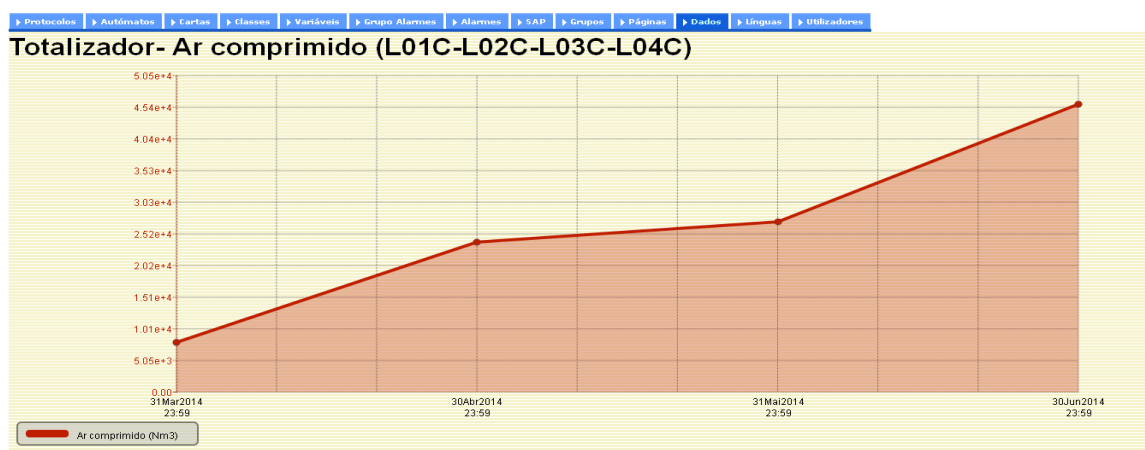
Também foi criada uma página com caudalímetros para verificar o valor instantâneo de ar comprimido que está a ser consumido, Figura 4.33.



**Figura 4.33-** Caudalímetros com o valor instantâneo do caudal de ar comprimido, de cada linha.

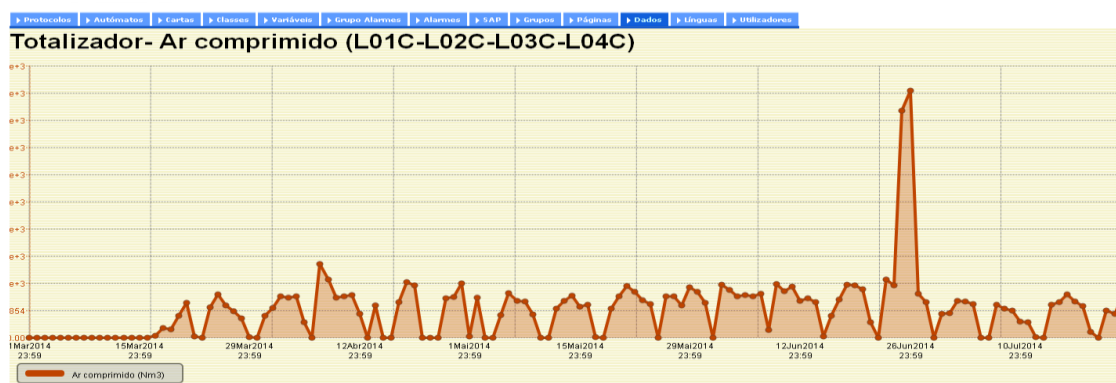
**Fonte:** Software de monitorização e recolha de dados.

Para além disto, também foi criada uma página denominada por Totalizador onde se pode encontrar uma só tabela. A partir desta tabela pode-se obter um gráfico que vai permitir observar o consumo total de ar comprimido, Figuras 4.34 e 4.35. Este tipo de gráfico é obtido através da criação de um grupo. Assim, utiliza-se uma expressão aritmética, a soma, onde se adicionam os consumos de todas as linhas.



**Figura 4.34-** Valores totais do ar comprimido referente às quatro linhas de enchimento, do mês de março a junho.

**Fonte:** Software de monitorização e recolha de dados.



**Figura 4.35-** Valores diários, totais do ar comprimido referente às quatro linhas de enchimento.

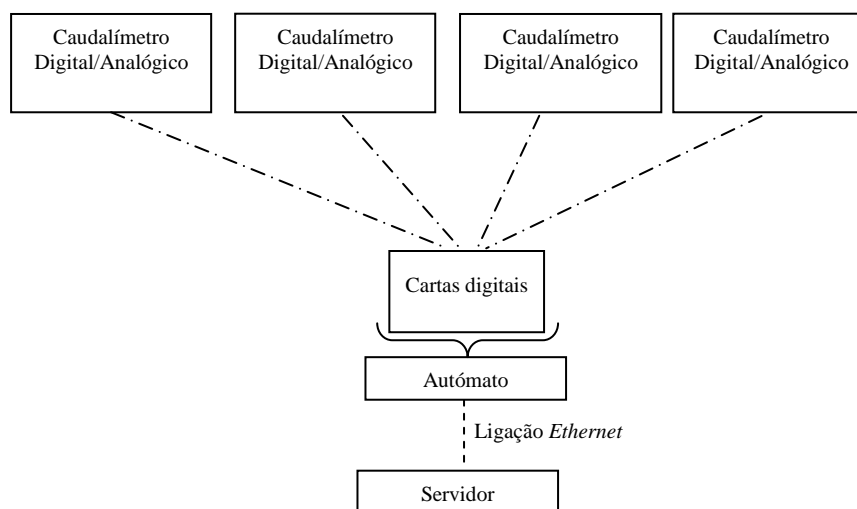
**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.

Como os valores também podem ser visualizados por hora, dia, mês e ano, facilmente se pode comparar consumos entre dois períodos de modo a saber se existe algum consumo anormal.

### 4.2.3 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

De modo, a saber qual o consumo de água no enchimento, foram instalados caudalímetros com uma componente digital e outra analógica, pois pretende-se obter impulsos por metro cúbico e visualizar o valor instantâneo de consumo, respetivamente. Numa fase posterior foram colocados sensores que permitem saber o tipo de água que está a ser utilizada no processo de produção (Luso ou Cruzeiro). Assim, para além de se saber quantos hectolitros foram engarrafados nos turnos também é possível saber qual é a água que está ser utilizada no enchimento.

Após a instalação dos caudalímetros, junto das linhas de enchimento, e feitas as ligações às respetivas cartas digitais dos autómatos, foram criados os respetivos canais no *software*. Cada caudalímetro encontra-se ligado através de cabos, à respetiva entrada na carta do autómato. Este autómato encontra-se ligado, ao Servidor por *Ethernet*, Figura 4.36. Posteriormente criaram-se as variáveis e colocaram-se os fatores de conversão corretos. A criação das variáveis segue o procedimento já descrito, anteriormente.



**Figura 4.36-** Esquema de ligação do sistema de monitorização da distribuição da água.

**Fonte:** Própria.

No entanto, existiam variáveis que estavam integradas no *software* WinCC, nomeadamente o caudalímetro geral da conduta de água de luso, da água de cruzeiro que abastece a linha L06C, o caudalímetro da conduta da água de serviço e o caudalímetro da conduta de água de luso que fornece a linha L05C. Assim, foi necessário criar e integrar as variáveis relativas aos caudalímetros no *software* atual. Nesta área foi criado um grupo que permite saber qual o consumo de água de luso, na linha L06C. O grupo em questão inclui a variável que corresponde ao caudalímetro geral que ao subtrair à variável do caudalímetro da L05C, devolve o valor da L06C.

Nesta secção também foram construídas páginas que dizem respeito à quantidade de água engarrafada em cada linha. Esta pode ser visualizada em forma de tabela ou gráfico e pode ser vista por hora, dia, mês e ano.

#### 4.2.4 ARMAZENAGEM E CAPTAÇÃO DE ÁGUA

As variáveis que dizem respeito à armazenagem (nível dos depósitos) e à captação (caudal dos furos), já estavam integradas no *software* WinCC. Após estas variáveis estarem

programadas no *software* atual, foi necessário criar as respetivas variáveis e definir os fatores de conversão.

### 4.2.5 DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

De forma a controlar a pressão de vapor e o consumo foram, instalados caudalímetros nas condutas de vapor que abastecem as linhas. A monitorização da produção/consumo de vapor torna-se importante pois, desta maneira, pode-se verificar se há fugas na canalização. Assim, foi instalado um caudalímetro à saída da caldeira que gera o vapor, o qual permite contabilizar o vapor total produzido. Para além deste, foram instalados outros caudalímetros na tubagem de vapor que abastece a L01C e que permitem monitorizar a pressão e o caudal. Com o objetivo de recolher informação sobre a pressão, o estado e as horas de trabalho relativos aos geradores de vapor (caldeiras) foram instalados sensores.

Após a instalação dos caudalímetros digitais e dos sensores foram realizadas as ligações às cartas digitais e analógicas, do autómato do edifício de serviços e da sala de comando respetivamente. Posteriormente foram criados os canais e as variáveis no *software*. A criação das variáveis segue o procedimento já descrito, anteriormente.

O *software* WinCC também englobava algumas variáveis, nomeadamente as correspondentes aos caudalímetros presentes no pavilhão da linha asséptica, as quais foram integradas no *software* atual. O modo de integração foi análogo ao da armazenagem e captação de água, ou seja, após as variáveis criadas no novo sistema foi necessário definir os fatores de conversão de acordo com o tempo de integração.

Após todas as variáveis criadas e todas as validações realizadas, foi possível ter o sistema de monitorização e recolha de dados capaz de recolher dados relativos à energia elétrica, à produção de ar comprimido, ao consumo de água em cada linha de enchimento e no processo, aos níveis nos depósitos de armazenagem, ao caudal em cada furo, à pressão, ao estado e às horas de trabalho das caldeiras que geram o vapor. Assim, com este tipo de sistema torna-se mais fácil monitorizar os consumos energéticos inerentes às atividades desenvolvidas consoante os horários de laboração e identificar consumos anormais. Ao detetar consumos anormais, mais fácil e rápido se intervém e se aplica medidas de



eficiência energética ou medidas corretivas e assim, os custos energéticos também irão diminuir.

No próximo capítulo, apresenta-se um conjunto de medidas aplicadas na rede de ar comprimido, as quais foram monitorizadas através do sistema de monitorização e recolha de dados. Para além disso, também foi possível identificar uma fuga com este sistema.



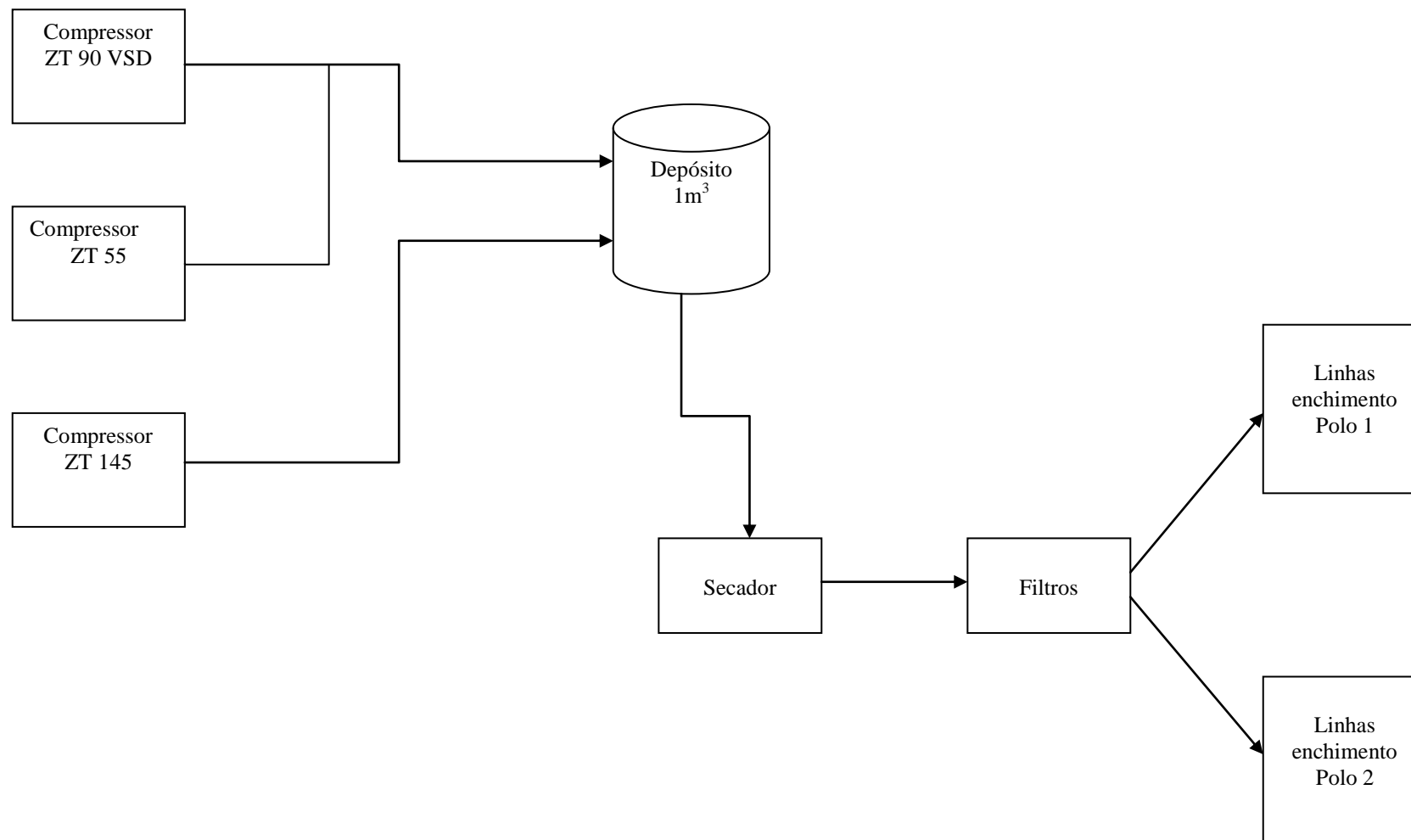
## **CAPÍTULO 5- ANÁLISE E ORGANIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA REDE DE AR COMPRIMIDO**

Após o sistema de monitorização e recolha de dados estar instalado e a funcionar devidamente, este foi importante na criação de uma equipa de redução de energia, nomeadamente o consumo de ar comprimido. Através dele foi possível definir as áreas de atuação, monitorizar os resultados provenientes das medidas implementadas e detetar anomalias.

### **5.1. DESCRIÇÃO DA CENTRAL DE AR COMPRIMIDO**

A central de produção de ar comprimido é composta por 3 compressores, por um coletor e por duas unidades de secagem, bem como uma bateria de filtros.

Os compressores são de parafuso isentos de óleo, dois deles são de controlo de carga/vazio e o outro é de velocidade variável. Dentro dos compressores de controlo de carga/vazio existe um do tipo ZT 55 com uma capacidade de 140 l/s e o outro é do tipo ZT 145 com uma capacidade de 386 l/s, ambos trabalham à pressão de 7,5 bar. O compressor de velocidade variável do tipo ZT 90 VSD apresenta uma capacidade máxima de 250 l/s e trabalha à pressão de 7,5 bar. O ar produzido por estes compressores é enviado para um reservatório de 1m<sup>3</sup> existente na central. O ar produzido pelo compressor ZT 90 VSD e pelo ZT 55 é encaminhado para o depósito através de um coletor comum. O ar após ser produzido é seco nas unidades de secagem. Depois de seco, o ar passa numa bateria de filtros do tipo DD/PD/QD 520, de modo a retirar partículas, vapores de óleo e odores, sendo o mesmo distribuído pelos dois polos de produção, Figura 5.37.



**Figura 5.37-** Esquema da central de ar comprimido.

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa.

## 5.2. METODOLOGIA

A equipa de redução de energia, relativa ao consumo de ar comprimido teve como base a rota de redução de consumo de energia TPM (Total Productive Maintenance). De seguida, passa-se a apresentar todos os passos da rota.

### — Primeiro Passo

O primeiro passo engloba a compreensão da situação atual. Para tal é necessário:

- a) Dividir a área geral em áreas de trabalho.
- b) Desdobrar o consumo de energia.
- c) Definir as prioridades e as subáreas críticas.
- d) Definir objetivos para cada área geral ou subáreas de acordo com o nível de medição.

### — Segundo Passo

No segundo passo pretende-se restabelecer as condições básicas da área escolhida. Assim, deve-se erradicar as perdas devido às condições menos eficientes ou que não seguem os padrões estabelecidos. Desta forma este passo engloba as seguintes tarefas:

- a) Inspeccionar a área definida no passo 1 (área crítica) e identificar as anomalias que influenciam o aumento da energia, tais como sujidade, fugas de ar, vapor ou água, falta de isolamento ou isolamento danificado, entre outras.
- b) Resolver as anomalias identificadas.
- c) Restaurar todas as instruções de trabalho, incluindo as de manutenção.
- d) Treinar/formar operadores e técnicos.

— **Terceiro Passo**

O terceiro passo engloba a definição e implementação de medidas de melhoria que permitam um aperfeiçoamento nas condições de trabalho. Assim, pretende-se:

- a) Definir um limite tecnológico para o consumo de energia. No cálculo do consumo energético é necessário identificar todos os consumidores de energia e verificar o consumo de cada um.
- b) Identificar perdas devido a condições não ideais.
- c) Definir causas para as condições não ideais, analisando cada problema de modo a encontrar a principal causa, aqui pode ser utilizada a metodologia dos 5Porquês. Para cada causa define-se uma contramedida e para os problemas que não podem ser evitados tenta-se encontrar uma forma de reduzir a sua frequência.
- d) Melhorar condições atuais com contramedidas e melhorar padrões. As contramedidas implementam-se de acordo com as prioridades.
- e) Treinar/formar operadores e técnicos nos novos padrões.
- f) Definir indicadores e implementar um sistema de monitorização. Para cada problema resolvido deve-se identificar o indicador, o qual deve ser seguido, verificar se há consumos que ultrapassam o indicador identificado e saber como atuar.

— **Quarto Passo**

No quarto passo, pretende-se saber se as contramedidas aplicadas no passo três estão a ter os resultados esperados e se existem desvios. Para tal deve-se:

- a) Monitorizar os resultados e identificar desvios. Caso haja desvios analisar a situação e recolher todos os dados necessários para encontrar a causa.
- b) Identificar causas raiz através da metodologia dos 5Porquês.

- c) Definir e implementar contramedidas para as novas causas.
- d) Treinar novamente os operadores e técnicos tendo em conta as contramedidas aplicadas para os desvios.

— **Quinto Passo**

O quinto passo tem como objetivo definir padrões para manter os resultados. Assim deve-se:

- a) Atualizar os procedimentos de trabalho.
- b) Implementar o sistema de monitorização que deve ter como base a verificação dos parâmetros.
- c) Atualizar o plano de manutenção tendo em conta as ações de manutenção que tiveram origem no trabalho da equipa.
- d) Definir *trigger points* (o pior valor do indicador) e o procedimento em caso de desvio, e quem deve tomar medidas se o indicador estiver fora do intervalo definido.

Na equipa de redução de energia, o meu contributo foi ao nível do primeiro passo e do quarto passo, onde forneci os dados provenientes no sistema de monitorização e recolha de dados e analisei-os. Os restantes passos foram executados pelos elementos da equipa.

### **5.2.1. APLICAÇÃO DOS PASSOS DA METODOLOGIA**

A equipa é composta por um líder/responsável pela equipa, por um engenheiro do ambiente, um fogueiro, um chefe de linha, um técnico de manutenção e um operador. O líder da equipa tem como função apoiar a equipa durante o projeto e é o elo de comunicação entre a equipa e a administração. O engenheiro do ambiente tem como função promover reuniões de equipa e atualizar o plano de ações e indicadores. Os restantes elementos têm como função identificar anomalias, implementar 5S's<sup>1</sup> e elaborar novos padrões de operação.

#### **— Primeiro Passo**

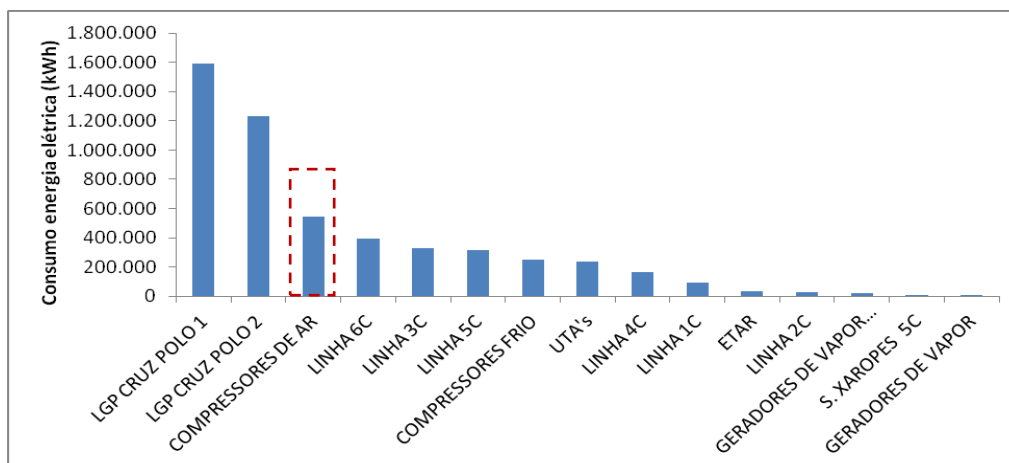
No primeiro passo e após a equipa estar criada definiu-se o objetivo. O objetivo que se espera atingir é a redução de 20% do consumo de ar comprimido, no *cluster* II em m<sup>3</sup>/hL e consequentemente reduzir 10% no consumo kWh/hL na geração de ar comprimido.

O objetivo incide sobre a redução do consumo de ar comprimido pois, após analisar o gráfico, Figura 5.38, verifica-se que os compressores de ar são os terceiros maiores consumidores de energia elétrica para produzir ar comprimido. O Pólo1 (LGP Cruz Polo 1) e o Polo 2 (LGP Cruz Polo 2) da Logoplaste não foram tidos em conta, apesar de serem os dois maiores consumidores. No ano 2013, foi lançada uma equipa de redução de ar comprimido, para o Polo 1 e por isso não fazia sentido, criar uma equipa de ar comprimido para o Polo 2, uma vez que os locais são semelhantes.

---

<sup>1</sup> **Metodologia 5S's-** A metodologia dos 5S's é assim denominada devido à primeira letra de cinco palavras japonesas, nomeadamente *Seiri* (organização), *Seiton* (ordem), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronizar) e *Shitsuke* (disciplina). Esta metodologia tem como objetivo melhorar a eficiência através da colocação adequada de materiais (separar o que é necessário do desnecessário), organização, limpeza e identificação de materiais e espaços. Assim, esta metodologia surge como um bom ponto de partida para todas as ações de melhorias.

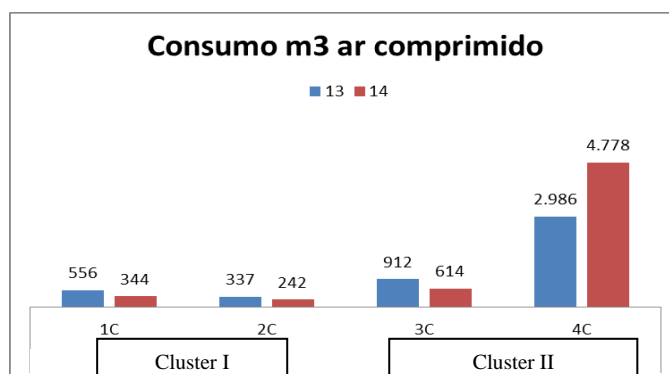




**Figura 5.38-** Consumo de energia elétrica anual, dos vários consumidores (kWh), ano 2013.

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa.

Analisando o gráfico, Figura 5.39, verifica-se que as linhas que consomem mais ar comprimido são as do *cluster* II (Linha L03C e L04C) em comparação com as do *cluster* I (Linha L01C e L02C). Desta forma, a área de atuação a ter em conta foi o *cluster* II.



**Figura 5.39-** Consumo de ar comprimido, em m³, nas linhas no ano 2013 e 2014.

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa e retirados do *software* de monitorização e recolha de dados.

### — Segundo Passo

No segundo passo identificaram-se diversas anomalias nas linhas L03C e L04C através de etiquetas, Figura 5.40, e da metodologia dos 5S's, tendo como objetivo erradicar as perdas devido a condições menos eficientes. Posteriormente elaborou-se um plano de ação onde consta a anomalia e a respectiva contramedida, Tabela 5.7.




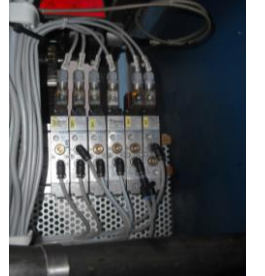

The image shows a TPM maintenance tag. The header is red and contains the text 'TPM' and 'MANUTENÇÃO'. Below the header, there are several fields for recording information, including 'Número de Equipamento' (Equipment Number) with the value '46707', 'Data' (Date), and 'Local' (Location). There are also checkboxes for 'Inspeção' (Inspection) and 'Manutenção' (Maintenance). The tag is attached to a metal component with a black cable.

**Figura 5.40-** Etiqueta.



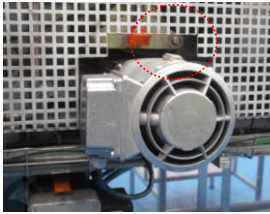

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa.








Tabela 5.7- Plano de ação nas linhas L03C e L04C.

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.



Linha	Modo de identificação	Local da anomalia	Anomalia	Ação	Data Abertura	Data Fecho	Imagens	
					Semana	Semana	Antes	Depois
L03C	Etiqueta	Enchedora	Existência de fuga num tubo de ar comprimido que alimenta a tremonha das cápsulas.	Trocar tubo.	20	20		-
	5S's	Enchedora	Central de ar comprimido obsoleta e com risco de fugas.	Trocar e organizar o sistema de ar comprimido.	-	20		
	Etiqueta	Rotuladora	Fuga de ar num bloco de electroválvula.	Trocar electroválvula.	-	21		-
	Etiqueta	Envolvedora de paletes	Regulador de pressão com uma fuga grande.	Reparação de fuga e redefinição do sistema pneumático.	-	25		-

## Capítulo 5- Análise e Organização das Medidas de Eficiência Energética na Rede de Ar Comprimido

Linha	Modo de identificação	Local da anomalia	Anomalia	Ação	Data Abertura	Data Fecho	Imagens	
					Semana	Semana	Antes	Depois
L03C	Etiqueta	Rotuladora	Existência de sopradores à entrada que permitem secar as garrafas e que consomem ar comprimido.	Instalar secador de garrafas o que permitiu a redução do consumo de ar comprimido em 50%.	-	18		
	Etiqueta	Envolvedora de Packs	Soprador do motor da envolvedora.	Aquisição de um ventilador elétrico que apenas funciona quando a máquina está a operar, retirando os sopradores que funcionam permanentemente.	-	19		-
L04C	Etiqueta	Robot	Consumo de ar comprimido desnecessário, associado às ventosas da aranha do robot, pois mesmo que a máquina esteja parada está a consumir ar comprimido.	Pedir técnico ABB para programar Robot.	20	21		-

Linha	Modo de identificação	Local da anomalia	Anomalia	Ação	Data Abertura	Data Fecho	Imagens	
					Semana	Semana	Antes	Depois
L04C	Etiqueta	Enchedora	Existência de fuga de ar comprimido no tubo.	Trocar tubo.	-	22		-
	5S's	Envolvedora de paletes	Central de ar comprimido confusa e com acessórios desnecessários.	Trocar e organizar sistema ar comprimido.	-	22		
	Etiqueta	Envolvedora de paletes	Fuga de ar num tubo da central de ar comprimido da envolvedora de paletes.	Colocar "joelho" e trocar tubo atual por outro específico de ar comprimido.	-	22		
	Etiqueta	Aplicadora de assas	Acessórios sem regulação.	Troca de acessórios por outro com regulação.	-	26		

## Capítulo 5- Análise e Organização das Medidas de Eficiência Energética na Rede de Ar Comprimido

Linha	Modo de identificação	Local da anomalia	Anomalia	Ação	Data Abertura	Data Fecho	Imagens	
					Semana	Semana	Antes	Depois
L04C	Etiqueta	Rotuladora	Existência de sopradores à entrada que permitem secar as garrafas e que consomem ar comprimido.	Instalar secador de garrafas o que permitiu a redução do consumo de ar comprimido em 50%.	-	20		
	Etiqueta	Envolvedora de paletes	Fuga de ar no regulador do calcador.	Instalar válvula antirretorno.	-	22	-	-

Para além do plano de ação, foi também elaborado um plano de limpeza, inspeção e lubrificação (CILT) para cada máquina. Desta forma todos os operadores e técnicos sabem o que devem fazer para manter as máquinas e todo o sistema limpo, lubrificado e em bom estado, de modo a prevenir eventuais anomalias.

Na Figura 5.41 está presente o CILT de uma enchedora, para o sistema pneumático. Neste plano é possível verificar o componente que tem de ser limpo, inspecionado e lubrificado. Para além disso, informa qual a ferramenta e o produto que se deve utilizar e como deve ser limpo, indica também os equipamentos de proteção individual a usar e se a máquina tem de estar parada ou não para efetuar a intervenção. A duração e a frequência da atividade também estão presentes neste plano.
















Nº	CILT	Componente	Padrão	Ferramenta	Produto	Como	Segurança	Estado	Tempo (min)	Freq.	LUP
<b>Enchedora - Sistema pneumático</b>											
31		Sist. pneumático - Reg. de pressão offiltro / oco de lubrificação	Sem sujidade		Quinapol, água	Drenar e lavar filtro com água; Humedecer pano e limpar			10	Trimestral	
#		Sist. pneumático - Reg. de pressão dos pistons	15 - 2,5 bar			Verificar pressão e regular se necessário			1	Diário	
#		Sist. pneumático - Reg. de pressão do soprador reatador de avarias	1 - 3 bar			Verificar pressão e regular se necessário			1	Diário	
#		Sistema pneumático - lubrificador (l)	Lubricado e sem excesso de óleo		Cassida HF 32	Verificar nível e atestar			2	Semanal	
#		Sist. pneumático - tubos / conectores	Sem sujidade		Quinapol, água	Humedecer pano e limpar			15	Trimestral	
#		Sist. Pneumático - tubos, conectores	Sem fugas			Verificar fugas			5	Mensal	

Figura 5.41- Plano limpeza, Inspeção, Lubrificação (CILT).

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Posteriormente foi dada formação aos operadores e técnicos para que tivessem conhecimentos sobre pneumática, de modo a perceberem o funcionamento, identificarem anomalias e adotarem comportamentos mais eficientes do ponto vista energético.

### — Terceiro Passo

No terceiro passo foram implementadas as medidas de melhoria e definiram-se as causas para as condições não ideais. Assim, para cada anomalia aplicou-se a metodologia dos 5Porquês<sup>2</sup> de modo a perceber a origem do problema e a definir o plano de ação, Figura 5.42.

Descrição do problema (Modo de falha)	Causas Potenciais								4M	Plano de Ação						
	1º Porquê	Verificada	2º Porquê	Verificada	3º Porquê	Verificada	4º Porquê	Verificada		5º Porquê	Verificada	Ações corretivas	Geom	Data	Ações preventivas	Geom
Fuga de ar no regulador do calçador (envolvedora de paletes)	Regulador avariado	N														
	Acessórios não vedam	N														
	Erro de montagem	S	Erro no projecto	N												
			Erro na montagem do circuito	S	Falta de válvula anti-retorno	S	Falta de conhecimento	N								
					Acessórios errados	N	Não seguimentado projecto	S	Falta de material	N						
								Esquecimento	S	Mão obra	Montar válvula anti-retorno	JD	W25			

**Figura 5.42-** Metodologia 5Porquês.

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa.

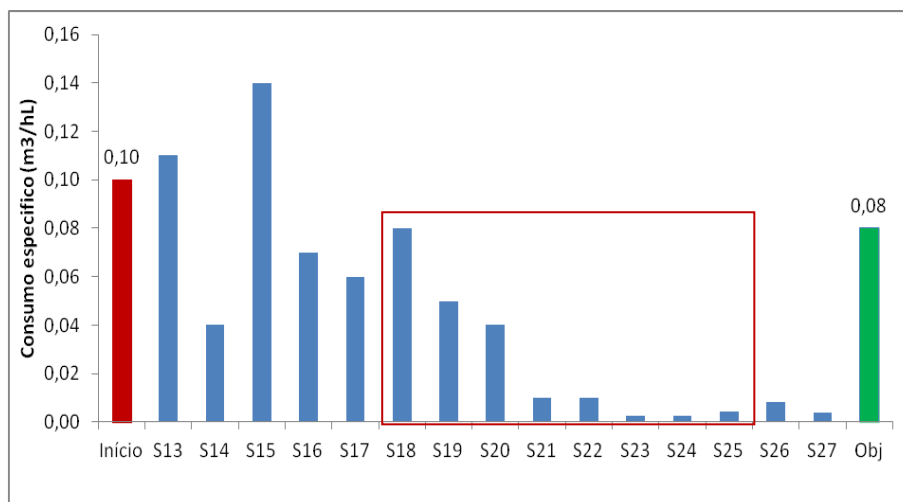
### — Quarto Passo

Através do sistema de monitorização e recolha de dados foi possível recolher informação, com objetivo de monitorizar os consumos de ar comprimido nas linhas. Assim, verificou-se que ao longo das semanas e à medida que se foram implementando as medidas, a redução do consumo de ar comprimido e por consequência de energia elétrica foi notória, Figuras 5.43 e 5.44.

<sup>2</sup>**Metodologia 5Porquês-** A metodologia dos 5Porquês é uma técnica de investigação para encontrar a causa raiz de um defeito ou de um problema. Esta técnica é de fácil aplicação e consiste em questionar as pessoas cinco vezes “porquê” sobre determinado problema.



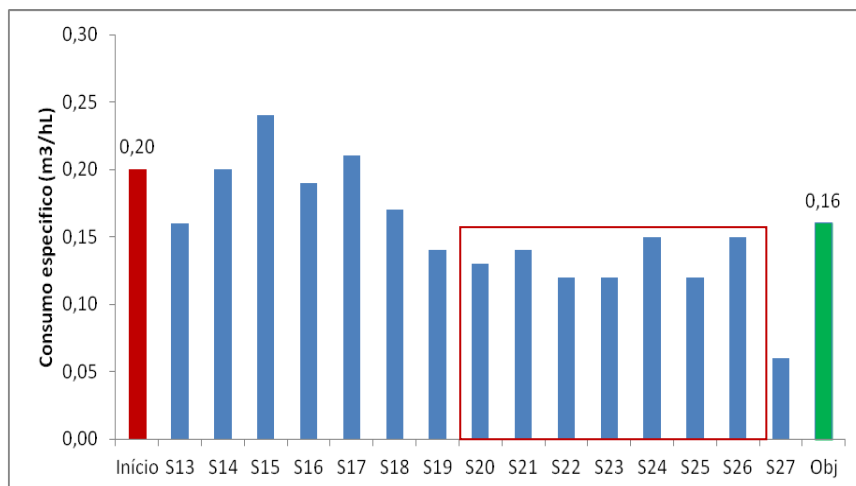
Na Linha L03C, Figura 5.43, as medidas foram implementadas a partir da semana 18 até à semana 25 o que coincide com a rápida redução do consumo específico, desta linha.



**Figura 5.43-** Consumo de ar comprimido linha L03C (m³/hL).

**Fonte:** Valores retirados do *software* de monitorização e recolha de dados e fornecidos pela empresa.

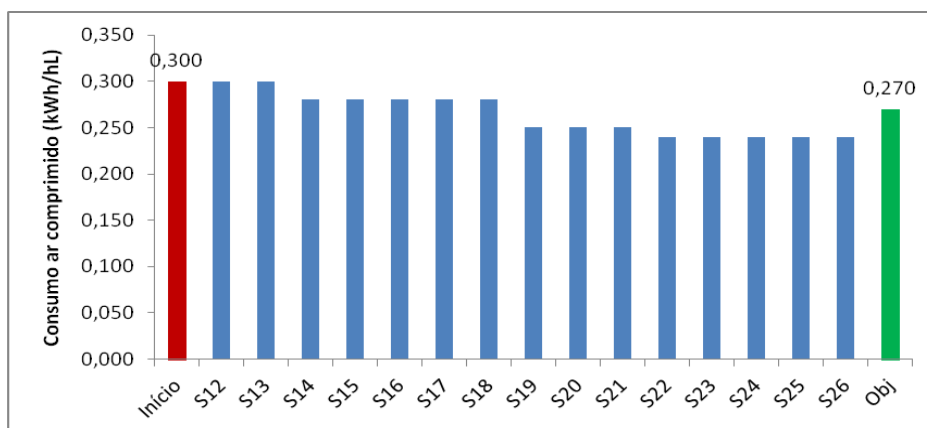
Na Linha L04C, Figura 5.44, as medidas foram implementadas a partir da semana 20 até à semana 26 o que coincide também com redução do consumo específico, desta linha. Neste caso, a redução não foi tão notória como na linha L03C, porque não se conseguiu resolver por completo um problema que existia à entrada da rotuladora (existência de sopradores à entrada da rotuladora que permitem secar as garrafas e que consomem ar comprimido).



**Figura 5.44-** Consumo de ar comprimido na linha L04C (m³/hL).

**Fonte:** Valores retirados do *software* de monitorização e recolha de dados e fornecidos pela empresa.

Após todas as medidas implementadas foi possível verificar que o objetivo definido foi atingido. O que significa que os 20% de redução do consumo de ar comprimido (m³/hL), no *cluster* II foram atingidos, assim como, os 10% de redução no consumo de ar comprimido (kWh/hL) na produção do ar comprimido, Figura 5.45.

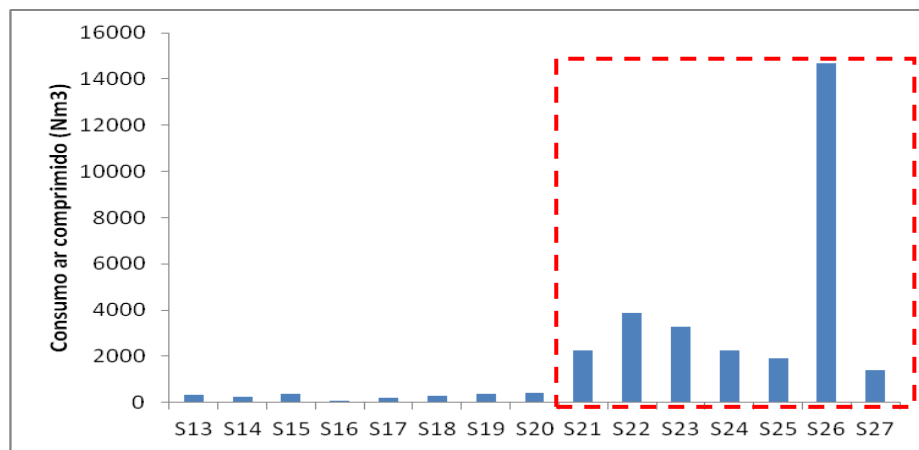


**Figura 5.45-** Consumo de ar comprimido global (kWh/hL).

**Fonte:** Valores retirados do *software* de monitorização e recolha de dados e fornecidos pela empresa.

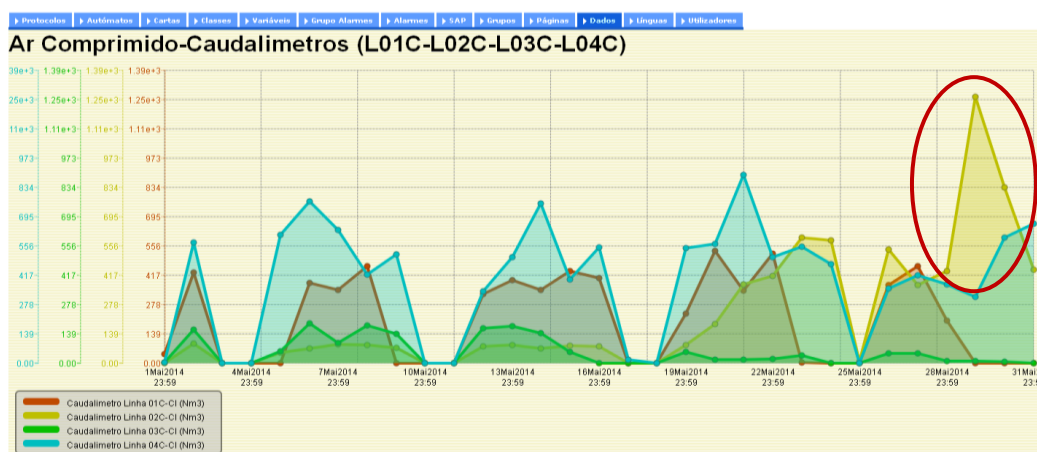
### — Detecção de Anomalias (fugas)

O facto de se realizar a monitorização através de um sistema de monitorização e recolha de dados permitiu também a deteção de uma fuga na L02C, Figura 5.46 e Figura 5.47. Os valores de ar comprimido começaram a aumentar excessivamente, a partir da semana 21 e rapidamente foi dado o alerta para que fosse detetada a fuga, a fim de a reparar, tal só aconteceu na semana 27.



**Figura 5.46-** Deteção de uma fuga de ar comprimido na linha L02C.

**Fonte:** Valores retirados do *software* de monitorização e recolha de dados.



**Figura 5.47-** Identificação de uma fuga através do software (valores do consumo de ar comprimido no mês de Maio).

**Fonte:** *Software* de monitorização e recolha de dados.

— **Quinto Passo**

A existência de um sistema de monitorização e recolha de dados é uma ferramenta bastante útil e que auxilia na monitorização das medidas implementadas para além de que, permite identificar facilmente desvios (fugas) que por vezes não são fáceis de detetar, portanto este faz parte do sistema de monitorização. Para além disto, e assim que for possível devem ser criados alarmes no sistema de modo a que sejam detetados desvios.

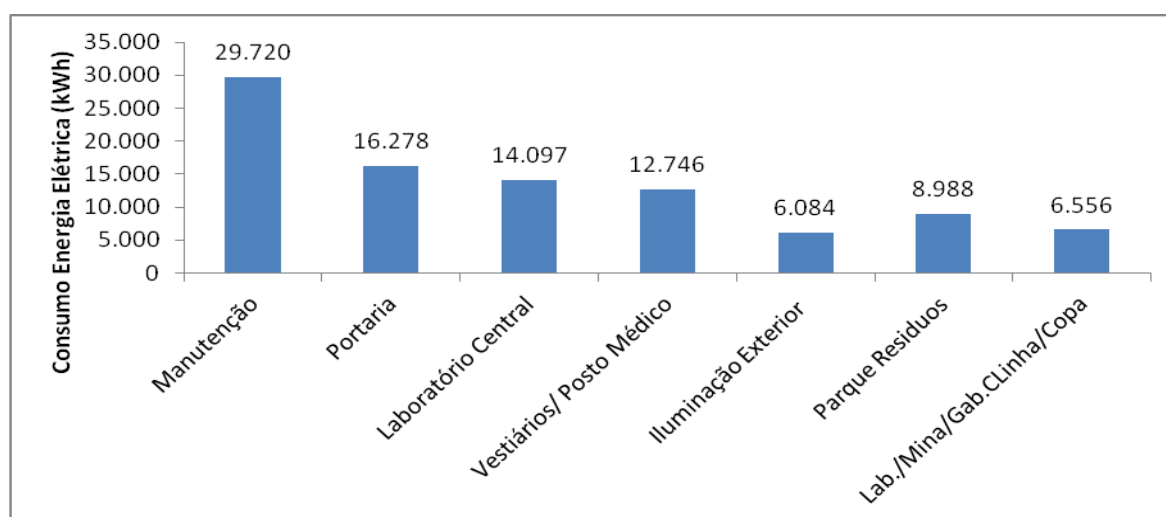
Em resumo, as medidas de eficiência energética que foram implementadas na rede de ar comprimido e a existência do sistema de monitorização e controlo de dados permitiram uma redução de 0,03 kWh/hL, o que significa uma poupança de 5.600 €, em quinze semanas. Todas as medidas aplicadas apresentam um período de retorno igual ou inferior a três anos.

## CAPÍTULO 6- MEDIDA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA

### 6.1. ILUMINAÇÃO

No presente estudo analisa-se a substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares T8, com balastros ferromagnéticos, por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e as respetivas armaduras, presentes no edifício da manutenção.

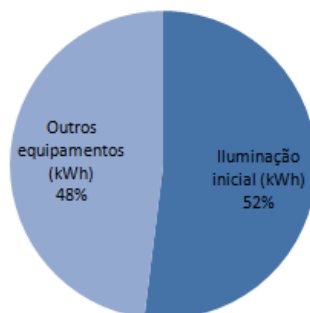
O local escolhido foi a oficina de manutenção, pois é o local com um maior consumo de energia elétrica, cerca de 29.720 kWh, de entre os restantes locais da área dos serviços gerais, Figura 6.48.



**Figura 6.48-** Consumo de energia elétrica, na área dos serviços gerais, no ano 2013.

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa.

O gráfico, da Figura 6.49, permite verificar a percentagem referente à iluminação e aos restantes equipamentos elétricos, face ao consumo total de energia elétrica da oficina de manutenção.



**Figura 6.49-** Distribuição do consumo de energia elétrica na oficina de manutenção.

**Fonte:** Própria.

Desta forma verifica-se que 52% da energia elétrica é consumida pela iluminação, visto que esta é composta por luminárias fluorescentes tubulares de 58 W e 36 W com balastro ferromagnético, as quais apresentam uma baixa eficiência energética.

Após a realização de um levantamento energético, constatou-se que neste edifício, existem 208 lâmpadas fluorescentes T8 de 58 W e 14 lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W. Como à potência da lâmpada ainda acresce a potência do balastro, considerou-se 20% da potência da lâmpada o que significa que o consumo instantâneo das lâmpadas de 58 W passará a 70 W e o consumo das lâmpadas de 36 W será de 43 W. Desta forma este conjunto de 222 lâmpadas consome 15.435 kWh/ano, o que significa um custo de 1.820 €/ano, Tabela 6.8.

As luminárias que se encontram nos espaços comuns 1 e 2, na oficina mecânica, no corredor, na saída do armazém de material subsidiário (AMS) e armazém 1 e 2 encontram-se suspensas e a 4 metros de altura. No torno e na fresa a iluminação é local, ou seja, encontra-se a 0,50 metro destes equipamentos. Nos restantes locais as luminárias estão juntas ao teto e encontram-se a 2 metros de altura. Nos gabinetes as luminárias apresentam refletores, nos WC's e na copa têm difusores e nos restantes locais a luminária não apresenta nenhum tipo de proteção.

**Tabela 6.8-** Características e consumo das lâmpadas existentes, em cada local.

Fonte: Própria.

Locais	Número de armaduras	Tipo de lâmpada	Número de lâmpadas	Potência da lâmpada (W)	Potência da lâmpada + consumo do balastro (W)	Tipo de balastro	Tempo de funcionamento (h)	Consumo de energia elétrica (kWh)
Espaço comum (1)	18	Fluorescente tubular T8	3	58	70	Ferromagnético	960	3.628
Espaço comum (2)	16	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	960	2.150
Oficina mecânica	12	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	960	1.612
Torno	1	Fluorescente tubular T8	3	58	70	Ferromagnético	1.920	403
Fresa	1	Fluorescente tubular T8	3	58	70	Ferromagnético	1.920	403
Corredor/ Saída AMS	4	Fluorescente tubular T8	3	58	70	Ferromagnético	960	806
Armazém (1)	4	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	960	538
Armazém (2)	6	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	720	605
WC Homens	10	Fluorescente tubular T8	1	58	70	Ferromagnético	720	504
WC Mulheres	1	Fluorescente tubular T8	1	36	43	Ferromagnético	240	10
Copa	1	Fluorescente tubular T8	1	58	70	Ferromagnético	1.200	84
Gabinete (1)	3	Fluorescente tubular T8	2	36	43	Ferromagnético	1.920	495
Gabinete- sala reuniões	4	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	1.920	1.075
Gabinete (2)	2	Fluorescente tubular T8	2	36	43	Ferromagnético	960	165
Arquivo (1)	1	Fluorescente tubular T8	2	36	43	Ferromagnético	60	5
Arquivo (2)	4	Fluorescente tubular T8	3	58	70	Ferromagnético	960	806
Arquivo (3)	2	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	240	67
Oficina elétrica/bancada testes	5	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	1.920	1.344
Oficina automação	2	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	1.920	535
Armazém de lubrificantes	4	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	240	134
Arrumos	2	Fluorescente tubular T8	2	58	70	Ferromagnético	240	67

### — Estudo da medida proposta

Nesta proposta pretende-se analisar a troca das lâmpadas fluorescentes T8 de 58 W por lâmpadas fluorescentes T5 de 35 W e as lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W por lâmpadas T5 de 28 W. No entanto, no local “WC Mulheres” optou-se por trocar as lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W por lâmpadas T5 de 35 W. Estas novas lâmpadas apresentam balastro eletrónico.

Uma vez que as armaduras existentes no local não permitem a colocação das lâmpadas T5, pois são mais finas e mais curtas, este estudo inclui a colocação de novas armaduras. Nos gabinetes as novas luminárias apresentam refletores parabólicos, Figura 6.50, nos WC’s e na copa têm difusores em policarbonato, Figura 6.51, e nos restantes locais as luminárias apresentam refletores planos, Figura 6.52, exceto no arquivo 1 que não tem nenhum tipo de proteção, Figura 6.53.



**Figura 6.50-** Luminária com refletores parabólicos.



**Figura 6.51-** Luminária com difusor em policarbonato.



**Figura 6.52-** Luminária com refletores planos.



**Figura 6.53-** Luminária sem proteção.

**Fonte:** EEE Lighting Solutions.



Para determinar o número de luminárias a colocar em cada espaço recorreu-se ao *software* WinElux. Este *software* é utilizado para o cálculo luminotécnico de interiores.

No *software* WinElux foram introduzidas as dimensões (largura, altura, comprimento e altura do plano de trabalho), os índices de reflexão (paredes, teto e plano de trabalho), os fatores de manutenção, áreas de cada espaço e o nível médio de iluminância (lux) exigido por lei correspondente aos locais de trabalho. Após a introdução dos dados e da escolha do tipo de armadura e lâmpada que se pretende colocar no espaço, o *software* devolve o número de luminárias necessárias.

Posteriormente elaborou-se uma tabela, Tabela 6.9, com o número de luminárias (armaduras e lâmpadas) a colocar, a potência, o tipo de lâmpadas, o tempo de funcionamento, os consumos energéticos e o custo de energia elétrica, por local. Assim, o consumo energético associado será de 6.490 kWh/ano o que significa um custo 766 €/ano. É importante salientar que a redução do consumo energético foi obtida através da redução de lâmpadas e da respetiva potência, mas teve-se em consideração o nível médio de iluminância exigido por lei para cada local.

## Capítulo 6- Medida de Eficiência Energética Aplicada

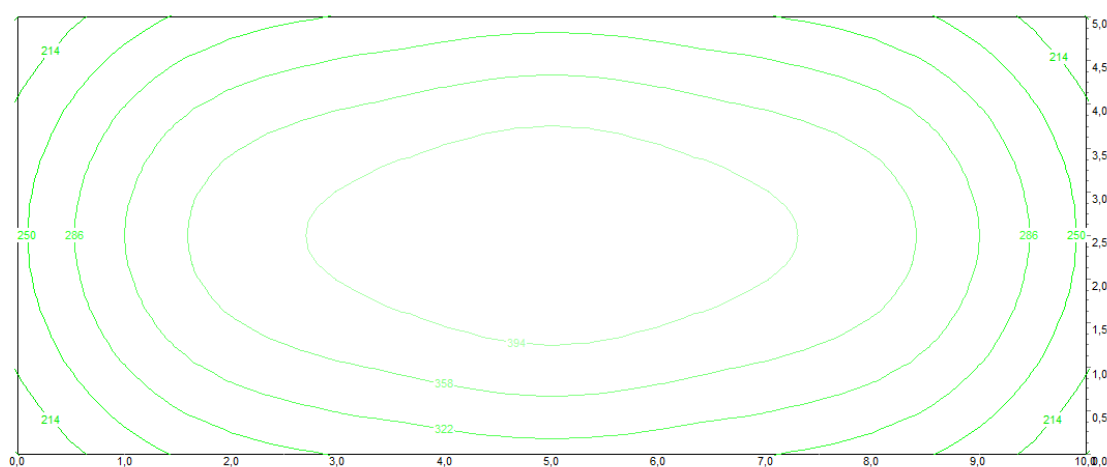
**Tabela 6.9-** Características e consumo das lâmpadas fluorescentes tubulares T5, em cada local.

**Fonte:** Própria.

Locais	Número de armaduras	Tipo de lâmpada	Número de lâmpadas	Potência da lâmpada (W)	Tempo de funcionamento (h)	Consumo de energia elétrica (kWh)	Custo de energia elétrica (€)
Espaço comum (1)	12	Fluorescente tubular T5	2	35	960	806	95
Espaço comum (2)	12	Fluorescente tubular T5	2	35	960	806	95
Oficina mecânica	9	Fluorescente tubular T5	2	35	960	605	71
Torno	1	Fluorescente tubular T5	2	35	1 920	134	16
Fresa	1	Fluorescente tubular T5	2	35	1 920	134	16
Corredor/ Saída AMS	4	Fluorescente tubular T5	2	35	960	269	32
Armazém (1)	12	Fluorescente tubular T5	2	35	960	806	95
Armazém (2)	16	Fluorescente tubular T5	2	35	720	806	95
WC Homens	9	Fluorescente tubular T5	1	35	720	227	27
WC Mulheres	1	Fluorescente tubular T5	1	35	240	8	1
Copa	1	Fluorescente tubular T5	1	35	1.200	42	5
Gabinete (1)	1	Fluorescente tubular T5	2	28	1.920	108	13
Gabinete- sala reuniões	2	Fluorescente tubular T5	2	35	1.920	269	32
Gabinete (2)	1	Fluorescente tubular T5	2	28	960	54	6
Arquivo (1)	1	Fluorescente tubular T5	2	28	60	3	0,40
Arquivo (2)	2	Fluorescente tubular T5	2	35	960	134	16
Arquivo (3)	1	Fluorescente tubular T5	2	35	240	17	2
Oficina elétrica/bancada testes	6	Fluorescente tubular T5	2	35	1.920	806	95
Oficina automação	3	Fluorescente tubular T5	2	35	1.920	403	48
Armazém de lubrificantes	1	Fluorescente tubular T5	2	35	240	17	2
Arrumos	2	Fluorescente tubular T5	2	35	240	34	4

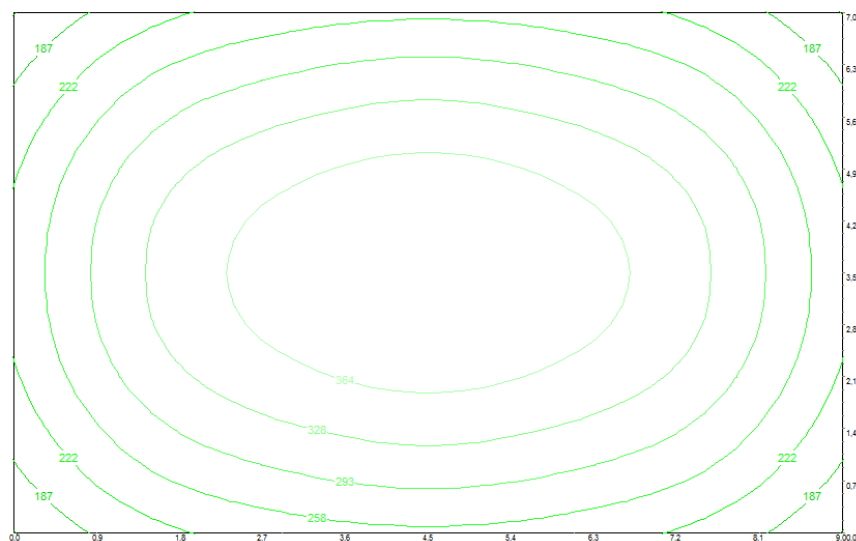
Depois de analisar a Tabela 6.9 verifica-se que na maior parte dos locais houve redução de luminárias e da potência da lâmpada, noutros manteve-se o número de luminárias e reduziu-se a potência, nomeadamente no torno, na fresa, no corredor/saída AMS, no WC mulheres e na copa. No armazém 1 e 2, na oficina elétrica/bancada testes e na oficina de automação houve um acréscimo de luminárias, o que significa que os espaços estavam mal iluminados.

No espaço comum (1) e (2) são necessários 300 Lux para que as atividades, nomeadamente manipulação de volumes, sejam desempenhadas com a iluminância necessária. Para satisfazer as necessidades devem ser colocadas 12 luminárias com 2 lâmpadas, em cada espaço. Segundo o *software* WinElux pode-se verificar através das Figuras 6.54 e 6.55 a distribuição da iluminância, em cada espaço. Cada linha tem um valor de iluminância associado, e quanto mais próximo do centro maior é o valor.



**Figura 6.54-** Distribuição da iluminância no espaço comum (1).

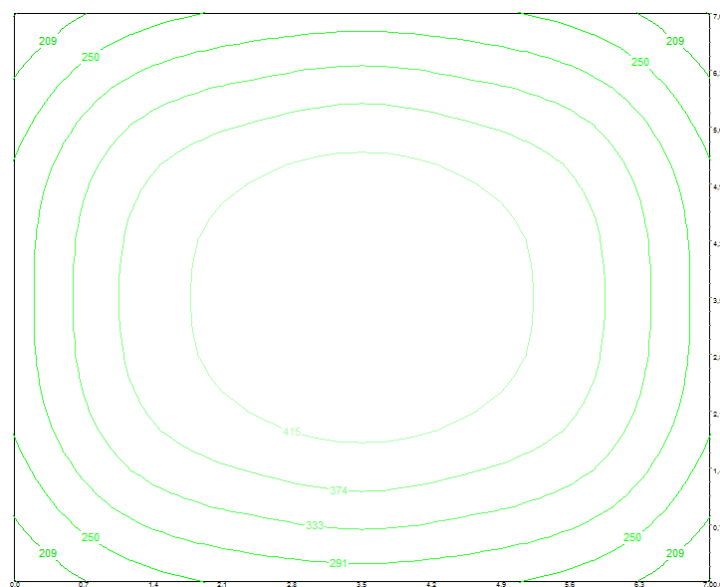
**Fonte:** *Software* WinElux.



**Figura 6.55-** Distribuição da iluminância no espaço comum (2).

**Fonte:** *Software WinElux.*

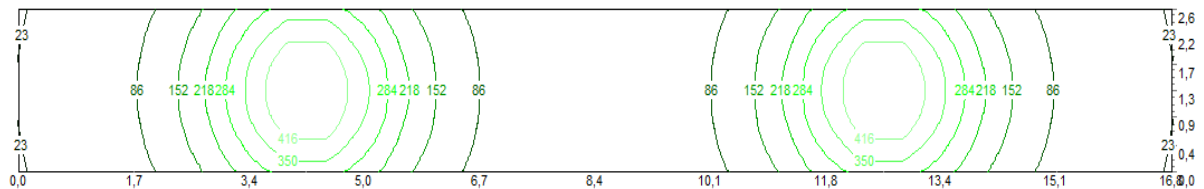
Na oficina mecânica são necessários 350 Lux, para que o trabalho realizado seja feito com qualidade. Com vista a satisfazer as necessidades sugere-se a colocação de 9 luminárias com 2 lâmpadas, cada uma. Neste espaço serão precisas menos 3 luminárias, face à situação inicial. Segundo o *software* WinElux pode-se verificar a distribuição da iluminância, através da Figura 6.56.



**Figura 6.56-** Distribuição da iluminância na oficina mecânica.

**Fonte:** *Software WinElux.*

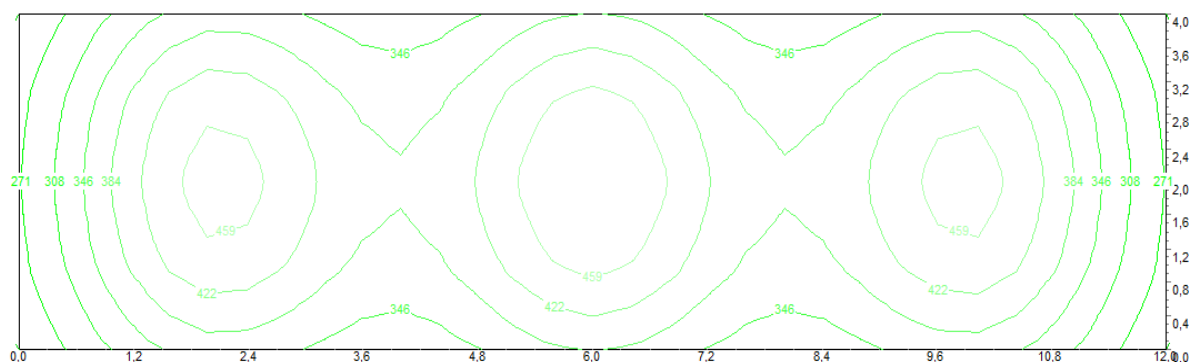
No corredor/saída do armazém de material subsidiário são precisos 150 Lux para que haja luminosidade suficiente. Para satisfazer as necessidades devem ser colocadas 4 luminárias com 2 lâmpadas, em cada espaço. Nesta medida sugere-se a colocação de menos quatro lâmpadas, face à situação inicial. Através da Figura 6.57, do *software* WinElux verifica-se a distribuição da iluminância.



**Figura 6.57-** Distribuição da iluminância no corredor/saída do armazém de material subsidiário.

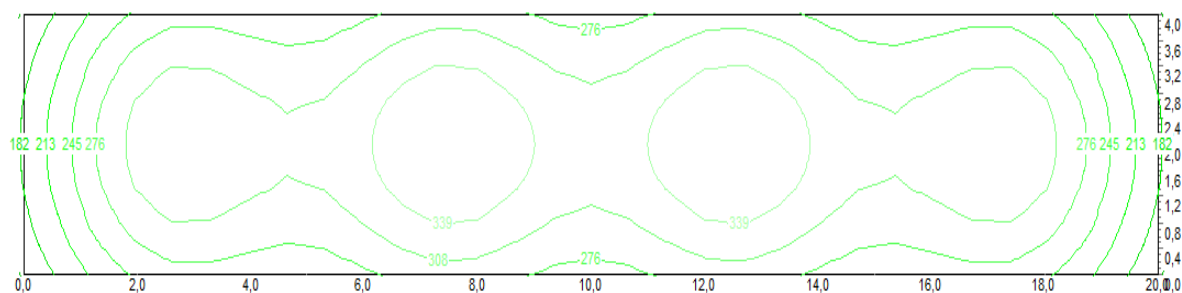
**Fonte:** *Software* WinElux.

A iluminância necessária ao desempenho das atividades que têm lugar no armazém (1) e (2), tem o valor de 300 Lux. Assim, aconselha-se a colocação 12 e 16 luminárias respetivamente, com 2 lâmpadas. Nestes dois locais existia iluminação insuficiente, desta forma, o número de luminárias aumentou, em relação à situação existente. No armazém (1) sugere-se a colocação de mais 8 luminárias e no armazém (2) mais 10. Na Figura 6.58 e 6.59 observa-se a distribuição da iluminância.



**Figura 6.58-** Distribuição da iluminância no armazém (1).

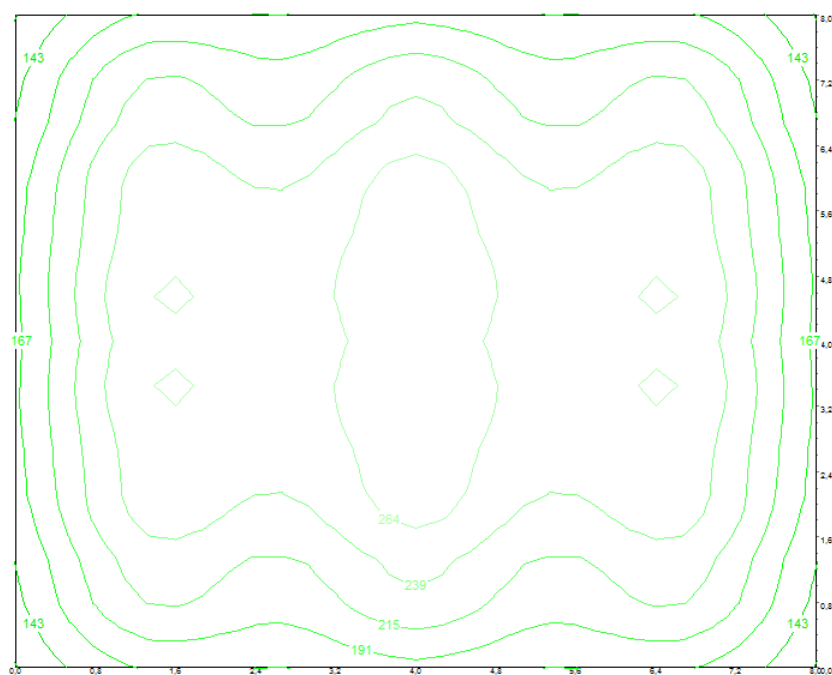
**Fonte:** *Software* WinElux.



**Figura 6.59-** Distribuição da iluminância no armazém (2).

**Fonte:** *Software WinElux.*

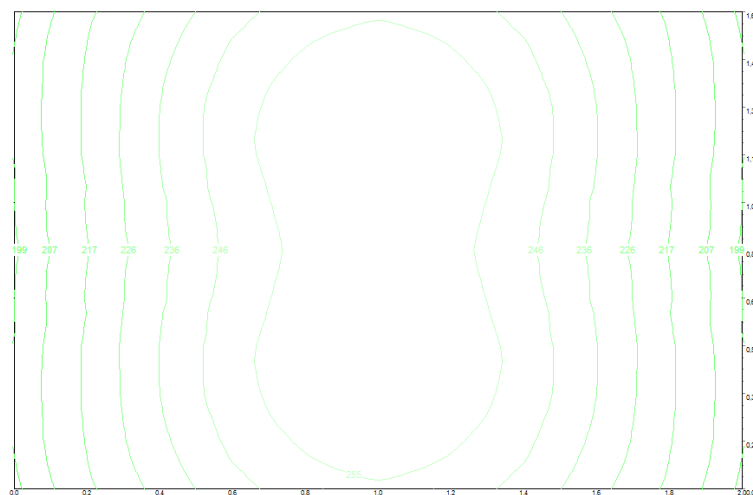
No WC homens sugere-se a colocação de 9 lâmpadas para suprimir as necessidades existentes e cumprir o valor legislado de 200 Lux. Em relação à situação existente, sugere-se a colocação de menos uma lâmpada. A Figura 6.60 demonstra a distribuição da iluminância no referido local.



**Figura 6.60-** Distribuição da iluminância no WC homens.

**Fonte:** *Software WinElux.*

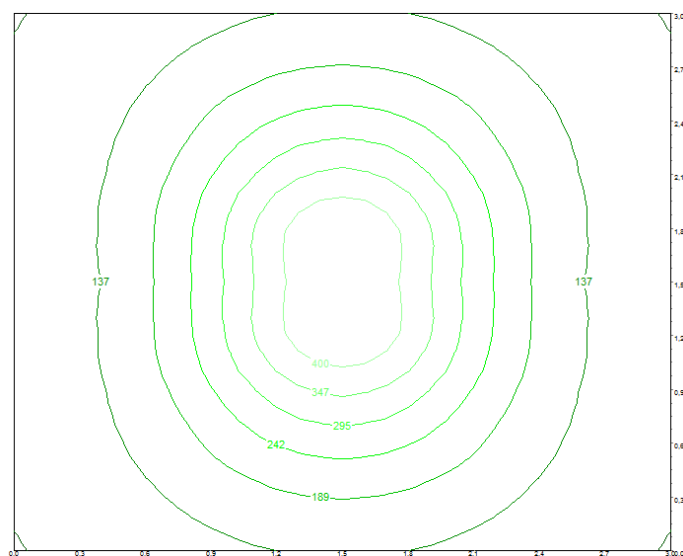
Para satisfazer os 200 Lux, no WC mulheres, manteve-se o número de lâmpadas e reduziu-se a respetiva potência. Na Figura 6.61 está presente a distribuição da iluminância.



**Figura 6.61-** Distribuição da iluminância no WC mulheres.

**Fonte:** *Software WinElux.*

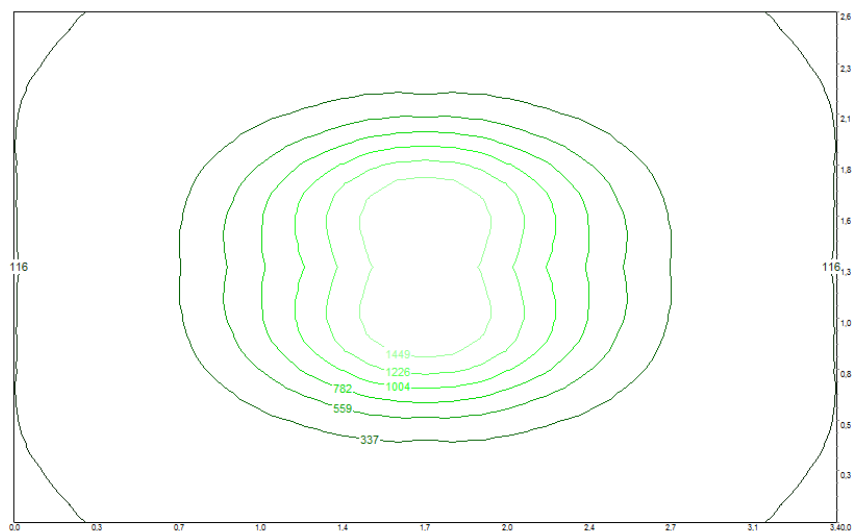
À semelhança do espaço anterior, também na copa são necessários 200 Lux, assim manteve-se o mesmo número de lâmpadas e reduziu-se a respetiva potência. A Figura 6.62 representa a distribuição da iluminância.



**Figura 6.62-** Distribuição da iluminância na copa.

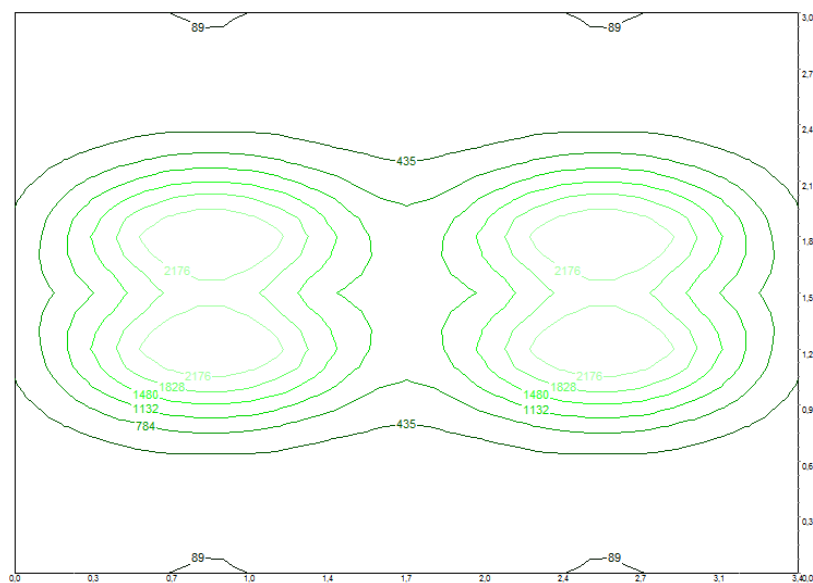
**Fonte:** *Software WinElux.*

Nos gabinetes são necessários 500 Lux, para garantir o desempenho das atividades com qualidade. Para suprimir as necessidades deve ser colocada 1 luminária com 2 lâmpadas no gabinete (1), no gabinete- sala de reuniões sugere-se a colocação de 2 luminárias com 2 lâmpadas cada uma e no gabinete (2) são necessárias duas lâmpadas. Nestes espaços houve redução de luminárias. Através das Figuras 6.63, 6.64 e 6.65 verifica-se a distribuição da iluminância, em cada espaço.



**Figura 6.63-** Distribuição da iluminância no gabinete 1.

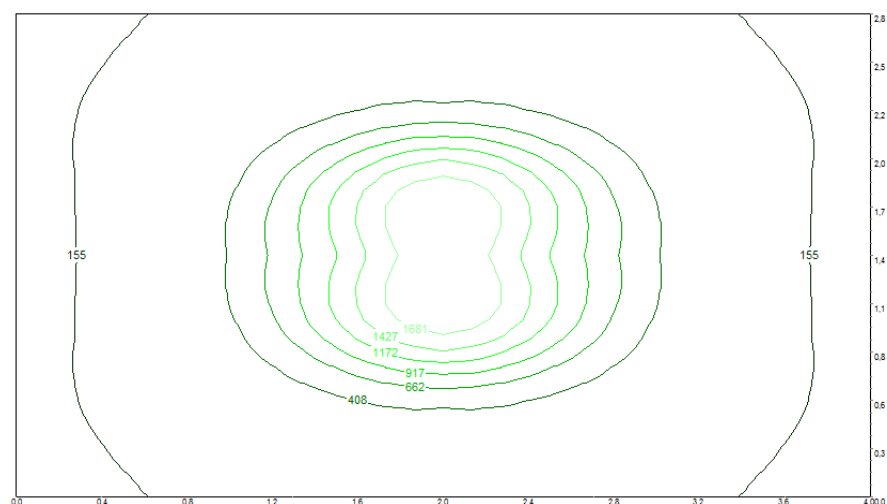
**Fonte:** Software WinElux.



**Figura 6.64-** Distribuição da iluminância no gabinete- sala de reuniões.

**Fonte:** Software WinElux.

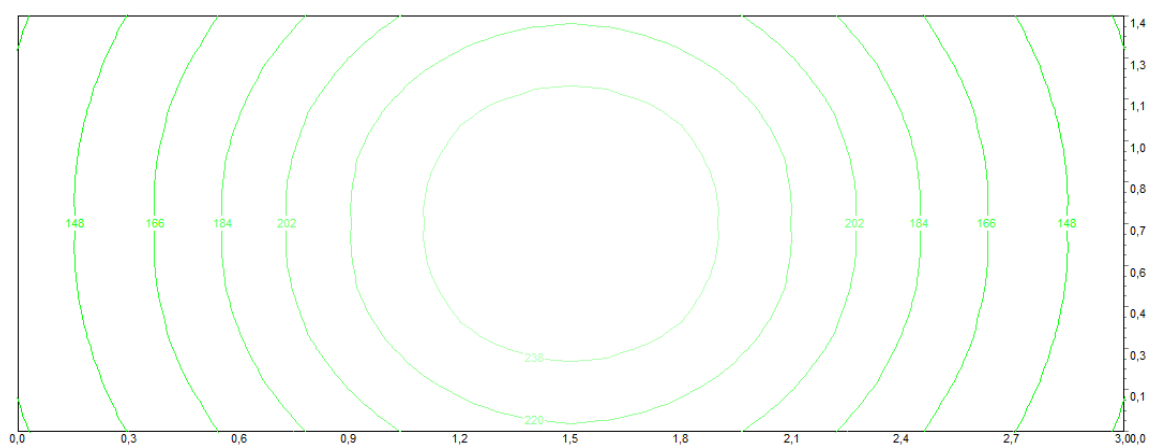




**Figura 6.65-** Distribuição da iluminância no gabinete 2.

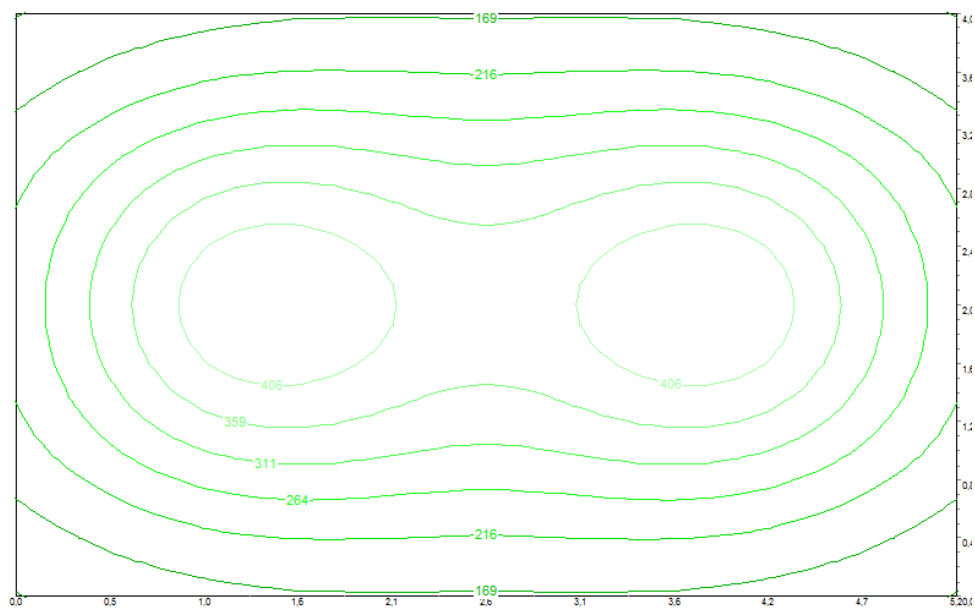
**Fonte:** Software WinElux.

Nos arquivos só são necessários 200 Lux, para que a atividade seja realizada com a iluminância suficiente. No arquivo (1) o número de luminárias mantêm-se, mas no arquivo (2) e (3) o número de lâmpadas existente, excedia os 200 Lux, e por isso foi reduzido. Nas Figuras 6.66, 6.67, 6.68 pode-se observar a distribuição da iluminância, em cada espaço.



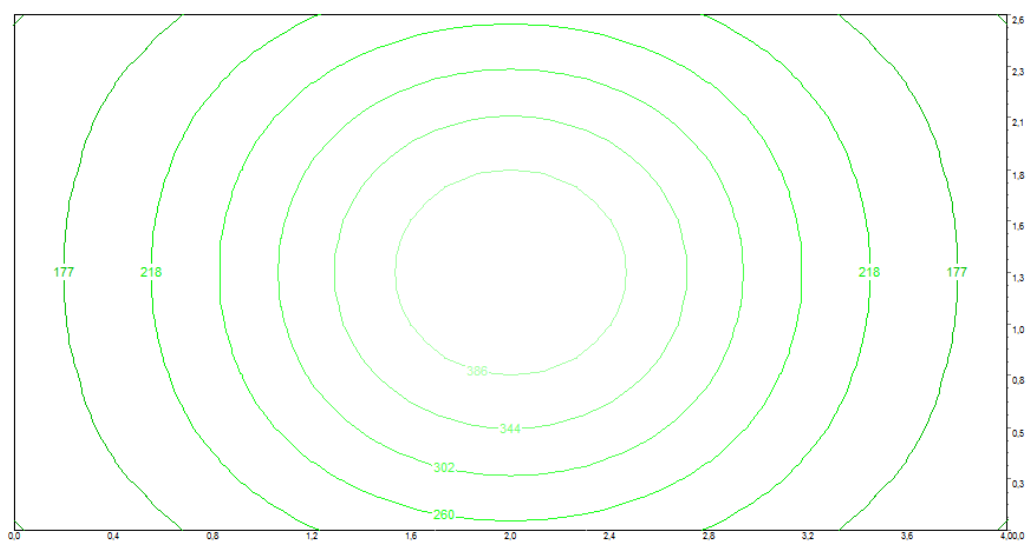
**Figura 6.66-** Distribuição da iluminância no arquivo (1).

**Fonte:** Software WinElux.



**Figura 6.67-** Distribuição da iluminância no arquivo (2).

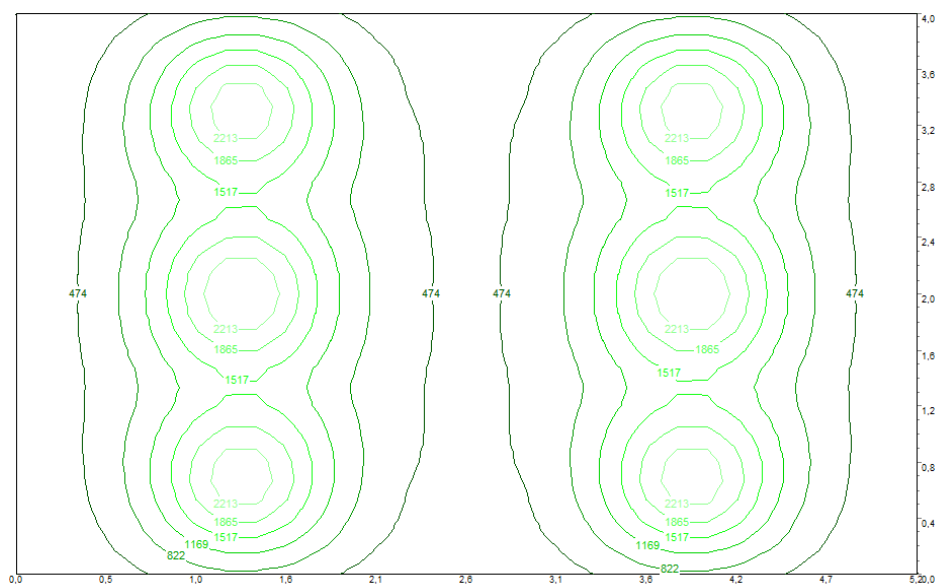
**Fonte:** Software WinElux.



**Figura 6.68-** Distribuição da iluminância no arquivo (3).

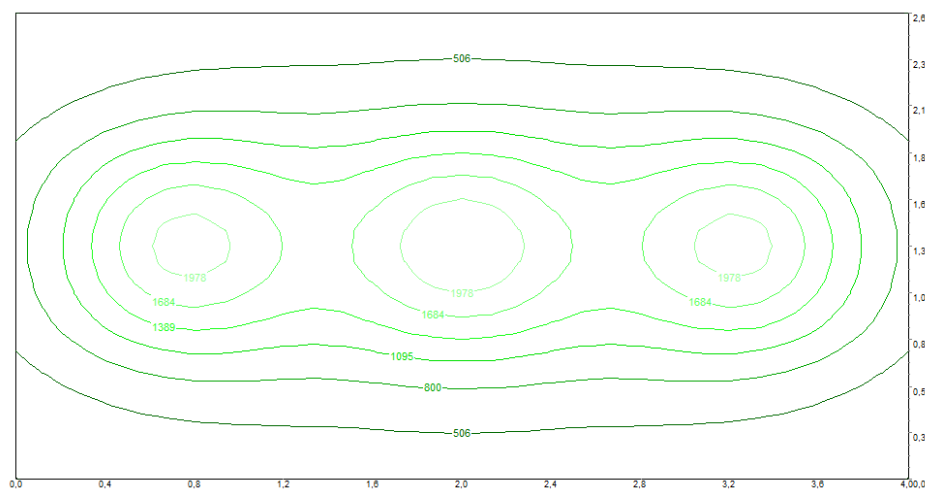
**Fonte:** Software WinElux.

Na oficina elétrica/bancada testes e na oficina de automação são necessários 750 Lux. Para tal, aconselha-se a colocação de mais 2 lâmpadas em ambos os espaços. A distribuição da iluminância pode ser verificada através das Figuras 6.69 e 6.70.



**Figura 6.69-** Distribuição da iluminância na oficina elétrica/bancada de testes.

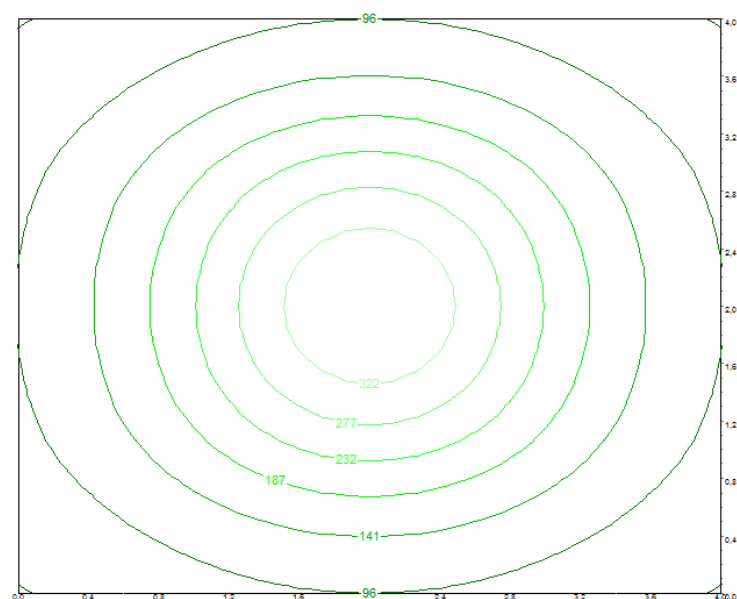
**Fonte:** Software WinElux.



**Figura 6.70-** Distribuição da iluminância na oficina de automação.

**Fonte:** Software WinElux.

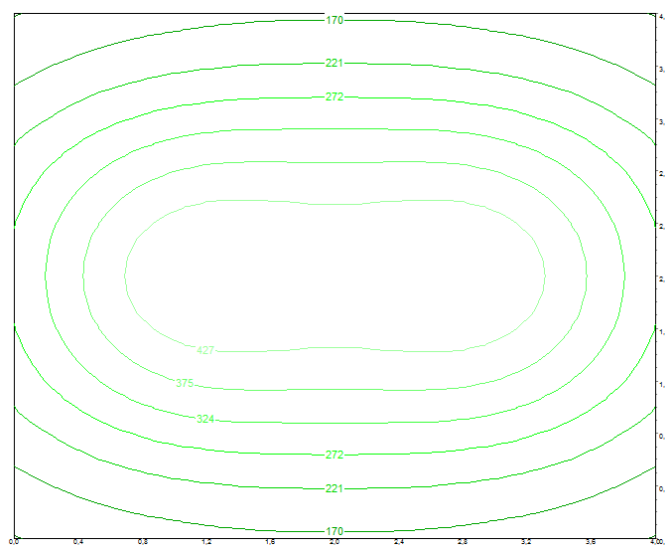
No armazém de lubrificantes são necessários 150 Lux para que as atividades sejam desempenhadas com a iluminância necessária. Assim, deve ser colocada 1 luminária com 2 lâmpadas. A Figura 6.71 apresenta a distribuição da iluminância.



**Figura 6.71-** Distribuição da iluminância no armazém de lubrificantes.

**Fonte:** *Software WinElux.*

Nos arrumos são necessários 200 Lux para garantir o desempenho das atividades com qualidade. Para suprir as necessidades devem ser colocadas 2 luminárias com 2 lâmpadas, cada uma. Através da Figura 6.72 pode-se observar a distribuição da iluminância, em cada espaço.



**Figura 6.72-** Distribuição da iluminância nos arrumos.

**Fonte:** *Software WinElux.*

Junto aos equipamentos fresa e torno são necessários 700 Lux. Nestes locais, a iluminação é local, ou seja, está a 0,50 metro de altura do equipamento, desta forma não se seguiu a sugestão do *software*, pois para satisfazer os 700 Lux seriam necessárias 15 luminárias com duas lâmpadas de 35 W. Para tal, sugere-se a colocação de 1 luminária com 2 lâmpadas de 35 W.

Assim, propõe-se a colocação de 185 lâmpadas o que representa um custo de 1.482 €, Tabela 6.10.

**Tabela 6.10-** Custos associados à troca de lâmpadas

**Fonte:** Própria

Tipo de lâmpadas	Número de lâmpadas	Custo unitário (€) (Fonte: Philips)	Custo Total (€)
Lâmpadas de 35 W	179	8	1.434
Lâmpadas de 28 W	6	8	48
<b>Total</b>	185		1.482

No que diz respeito às armaduras, necessita-se de adquirir 98. Este conjunto apresenta um custo total de 3.632 €, Tabela 6.11.

**Tabela 6.11-** Custos associados à troca de armaduras

**Fonte:** Própria

Tipo de Armadura	Número de armaduras	Custo unitário (€) (Fonte: ILUMINA)	Custo total (€)
Armadura para 1 lâmpada de 35 W	11	31	341
Armadura para 2 lâmpada de 35 W	84	38	3.192
Armadura para 2 lâmpada de 28 W	3	33	99
<b>Total</b>	98		3.632

A mão-de-obra para colocar as novas armaduras e as novas lâmpadas não apresentará qualquer custo, visto que este trabalho poderá ser feito pelos colaboradores da empresa.

Assim, a troca de lâmpadas e de armaduras representam um custo de 5.114 €.

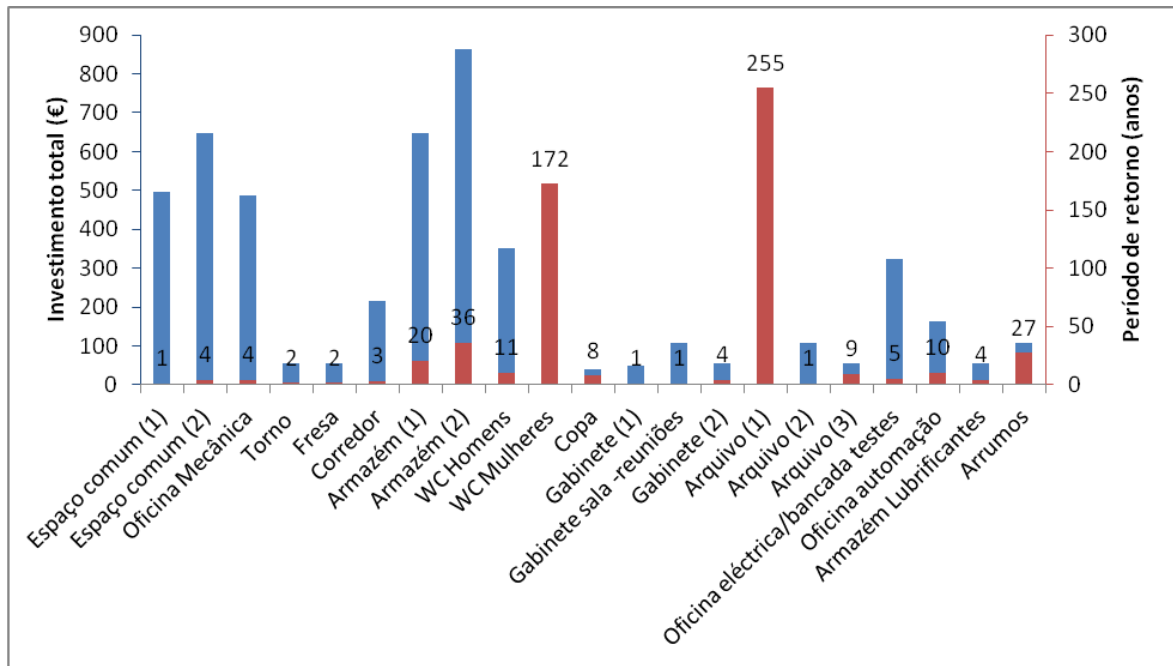
Em resumo, a troca de lâmpadas fluorescentes tubulares T8 para lâmpadas fluorescentes tubulares T5 permitirá uma redução de 8.945 kWh, ou seja, 1.055 €. Para esta alteração será necessário investir 5.114 €. Desta forma o período de retorno é de 5 anos, o que significa que se vai obter lucro deste investimento ao fim de 5 anos, Tabela 6.12.

**Tabela 6.12-** Resumo Situação inicial vs Situação proposta.

**Fonte:** Própria.

	Situação inicial	Situação proposta	Redução	Redução (%)	Investimento (€)	Período de retorno (anos)
Número de lâmpadas	222	185	37	83	5.114	5
Consumo energia elétrica (kWh)	15.435	6.490	8.945	42		
Custo energia elétrica (€)	1.820	765	1.055	42		

Dado que o período de retorno de 5 anos é elevado, torna-se útil saber quais os locais, cujo investimento vai ser pago num período inferior ou igual a 3 anos. Através do gráfico, da Figura 6.73, verifica-se que os locais onde o período de retorno é inferior ou igual a 3 anos são espaço comum (1), torno, fresa, corredor, gabinete (1), gabinete- sala de reuniões e arquivo (2). Se as medidas sugeridas forem aplicadas, apenas a estes locais, o período de retorno decresce para 1 ano.



**Figura 6.73-** Período de retorno (anos) em cada local.

**Fonte:** Própria.





## CAPÍTULO 7- CONCLUSÃO

### 7.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

O sistema de monitorização e recolha de dados e o lançamento da equipa de redução de energia foram essenciais para melhorar a eficiência energética da empresa em questão.

Com o trabalho desenvolvido pretendeu-se mostrar, como é que um sistema de monitorização e recolha de dados é constituído, quais as áreas que podem ser monitorizadas e o que pode ser feito no *software* para permitir a visualização dos dados recolhidos. Para além disso, mostrou-se a importância deste na criação de equipas de redução de energia, na ajuda da monitorização de medidas de eficiência energética implementadas ou na correção de perdas identificadas, ao longo do processo produtivo.

Em relação ao trabalho desenvolvido conclui-se que foi possível ter o sistema de monitorização e recolha de dados capaz de recolher informação relativa a energia elétrica, ao ar comprimido, ao consumo de água em cada linha de enchimento e no processo, níveis nos depósitos de armazenagem, caudal em cada furo, pressão, estado e às horas de trabalho das caldeiras que geram o vapor. Desta forma o sistema torna-se útil na monitorização dos consumos energéticos inerentes às atividades desenvolvidas nos horários de laboração e permite detetar consumos anormais provenientes de fugas que por vezes são difíceis de detetar. Quando os consumos anormais são detetados, rapidamente, intervém-se aplicando medidas de eficiência energética ou corretivas, diminuindo os custos energéticos.

A equipa de redução de energia criada com o intuito de reduzir o consumo de ar comprimido, no *cluster* II, teve como auxílio o sistema de monitorização e recolha de dados. O sistema foi útil na fase da definição das áreas de atuação pois permitiu saber onde é que o consumo de ar comprimido era elevado. Na monitorização dos resultados também foi vantajoso porque em cada semana foi possível recolher valores, ao mesmo tempo que as medidas iam sendo implementadas e permitiu a deteção de consumos anómalos (fugas).

A criação desta equipa bem como a implementação do conjunto de medidas de eficiência energética, permitiu uma redução de 0,03 kWh/hL e gerar uma poupança de 5.600 € em quinze semanas.

No estudo da medida de eficiência energética, substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 58 W e de 36 W por T5 de 35 W e de 28 W, foi utilizado o *software* WinElux. O *software* foi bastante útil pois permitiu indicar o número correto de luminárias face à atividade desenvolvida em cada local. Deste modo, não se estará a colocar em risco a realização das tarefas associadas a cada atividade. Para além disso, foi possível reduzir o consumo energético associado às luminárias pois as existentes possuíam balastros ferromagnéticos o que provocava maiores consumos de energia elétrica e por consequência um custo elevado na fatura. Para além da troca das lâmpadas também se propõe a substituição das armaduras, pois as novas lâmpadas diferem no tamanho. Assim, verifica-se que este investimento tem um período de retorno igual a 5 anos. Apesar de ser superior a 3 anos é um investimento a ter em consideração. No entanto, se as medidas indicadas forem só aplicadas aos locais, com um período de retorno inferior ou igual a três, o conjunto das medidas propostas passa a ter um período de retorno igual a 1 ano.

### **7.2. LIMITAÇÕES E PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO**

No geral, as dificuldades encontradas ao longo da realização deste trabalho foram as habituais de um trabalho de final de curso, realizado em ambiente industrial.

No entanto, a principal limitação encontrada no desenvolvimento do presente trabalho reside no facto da área dos sistemas de monitorização e recolha de dados não ter sido abordada no mestrado e como tal provocou alguns constrangimentos, pois o conhecimento nesta área era muito limitado. De qualquer das formas, é de realçar que o apoio de colaboradores da empresa foi essencial ao bom desenvolvimento do trabalho. Outra das limitações encontradas foi o período de espera para a realização das ligações físicas, pois estas foram realizadas por outra empresa.

Futuramente seria interessante que os chefes de linha, técnicos de manutenção e operadores tivessem acesso aos consumos energéticos registados no sistema de monitorização e recolha de dados, de modo a que existisse um maior controlo e um maior envolvimento de todos na redução dos consumos energéticos da empresa. Para além disto,

seria também relevante criar no sistema, alertas para que quando existissem consumos anómalos fossem rapidamente detetados.

No que diz respeito, à equipa de redução de energia criada, será importante continuar a existir um acompanhamento para manter os resultados obtidos e evitar retrocessos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (ADENE, 2014) ADENE- Agência para a Energia. [Em linha]. [Consult. 13 Fev. 2014]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.adene.pt/>>.
- (ADENE, 2015) ADENE- Agência para a Energia. [Em linha]. [Consult. 17 Março 2015]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>>.
- (Almeida *et al*, 2007) ALMEIDA, Aníbal; GOMES, Álvaro; PATRÃO, Carlos; FERREIRA, Fernando; MARQUES, Lino; FONSECA, Paula- ETT- Energy Efficiency Training of Trainers: Manual técnico de Gestão de Energia. (2007)
- (BCSD, 2013) BCSD Portugal- Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável. [Em linha]. [Consult. 13 Fev. 2014]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.bcsdportugal.org/>>.
- (Cassol, 2009) CASSOL, Fabiano- Aplicação da análise inversa via otimização extrema generalizada em projetos de iluminação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Dissertação de Mestrado
- (CTVC, 2010) CTVC, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro- Relatório de Auditoria Energética e Plano de racionalização do consumo de energia, 2010
- (Costa, 2009) COSTA, Diogo- Sistemas de supervisão e controlo integrados. Aveiro: Universidade Aveiro, 2009. Dissertação de Mestrado
- (Dörr *et al*, 2013) DÖRR, Marcus; WAHREN, Sylvia; BAUERNHANSL, Thomas- Methodology for energy efficiency on process level. Elsevier. (2013) p.652-657
- (Duarte, 2011) DUARTE, Cristina; HAGATONG, Luís- Energia: Vencer o desafio energético com a nova norma ISO 50001. Indústria e Ambiente. (2011) p.40
- (E-Civil, 2015) E-Civil. [Em linha]. [Consult. 19 Maio 2015]. Disponível em WWW:<URL:[http://www.ecivilnet.com/softwares/dialux\\_calculo\\_de\\_iluminacao.htm](http://www.ecivilnet.com/softwares/dialux_calculo_de_iluminacao.htm)>.

(EEE Lighting Solutions) EEE Lighting Solutions. [Em linha]. [Consult. 28 de Abril 2015]. Disponível em

WWW: < [http://www.eee.pt/produtos/produtos\\_lum\\_imprimir.htm?idfam=3&idsep=9&idcat=73&idlum=263](http://www.eee.pt/produtos/produtos_lum_imprimir.htm?idfam=3&idsep=9&idcat=73&idlum=263)>.

(Energy Land) Energy Land. [Em linha]. [Consult. 24 Abril. 2015]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.energyland.emsd.gov.hk/en/appAndEquip/equipment/lighting/tubes.html>>.

(ILUMINA) Ilumina- Van Cliff: Catálogo de iluminação 2013/2014. [Em linha]. [Consult. 6 Out. 2014]. Disponível em WWW: <URL:[http://www.ilumina.pt/pt/produtos/cat\\_ilu.html](http://www.ilumina.pt/pt/produtos/cat_ilu.html)>.

(JLM Energias) JLM Energias. [Em linha]. [Consult. 25 Agosto 2014]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.jlm-energias.pt/>>.

(Lumicenter Lighting) Lumicenter Lighting. [Em linha]. [Consult. 19 Maio 2015]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/tecnologia/dialux.html>>.

(Manual OSRAM) Manual Luminotécnico Prático. [Em linha]. [Consult. 18 Agosto 2014]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>.

(Magueijo *et al*, 2010) MAGUEIJO, Vítor; FERNANDES, Maria; MATOS, Henrique; NUNES, Clemente; CALAU, João; CARNEIRO, Jorge; OLIVEIRA, Fernando- Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto. Ed. ADENE- Agência para a Energia, 2010. ISBN 978-972-8646-18-9

(Mecatrónica Actual, 2013) Mecatrónica Actual. [Em linha]. [Consult. 18 Agosto 2014]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1124-ssc-sistemas-de-superviso-e-controle?showall=&start=1>>.

(Movicon X) Movicon X. [Em linha]. [Consult. 20 Agosto 2014]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.automationwarehouse.com.au/movicon/x2.asp>>.

(Nexant, 2008) Nexant, Inc. - M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects- Version 3.0. 2008

(Philips, 2014) Philips. [Em linha]. [Consult. 22 Set. 2014]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.philips.pt/c-p/8727900251982/ecoclassic-lampada-de-halogeneo>>.

(Philips- Gama CoreLine LED) Philips- Gama CoreLine LED. [Em linha]. [Consult. 29 Set. 2014]. Disponível em WWW: <URL:[http://www.lighting.philips.pt/pwc\\_li/pt\\_pt/lightcommunity/trends/images/folheto-coreline-led.pdf](http://www.lighting.philips.pt/pwc_li/pt_pt/lightcommunity/trends/images/folheto-coreline-led.pdf)>.

(Philips) Philips- Conceitos de iluminação. [Em linha]. [Consult. 31 Março 2015] Disponível em WWW: <URL:[http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq\\_conceitos\\_de\\_iluminacao.wpd](http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_conceitos_de_iluminacao.wpd)>

(Philips) Philips- Tabela iluminação profissional. [Em linha]. [Consult. 21 Out. 2014]. Disponível em WWW: <URL:[http://www.lighting.philips.pt/pwc\\_li/pt\\_pt/connect/assets/Tabela%20Iluminacao%20Profissional%20Philips%202014.pdf](http://www.lighting.philips.pt/pwc_li/pt_pt/connect/assets/Tabela%20Iluminacao%20Profissional%20Philips%202014.pdf)>.

(Portaria nº1530/2008) Portaria n.º1530/2008. D.R. I Série. nº 250. p.9048

(Programación Siemens, 2014) Programación Siemens. [Em linha]. [Consult. 20 Agosto 2014]. Disponível em WWW: <URL: [http://programacionsiemens.com/wp-content/uploads/2013/05/990269816\\_f1c3369c\\_wincc-flexible-runtime-brenner.jpg](http://programacionsiemens.com/wp-content/uploads/2013/05/990269816_f1c3369c_wincc-flexible-runtime-brenner.jpg)>.

(Oliveira) OLIVEIRA, Engº Miguel- Manual de boas práticas- Eficiência Energética

(Resolução de Conselho de ministros nº20/2013) Resolução de Conselho de ministros n.º20/2013, D.R.I Série. nº 70

(Resolução de Conselho de Ministros n.º29/2010) Resolução de Conselho de Ministros n.º29/2010, D.R. 1.ª Série, nº 73

(Rodrigues,2002) RODRIGUES, Engº Pierre- Manual de iluminação eficiente. 1ª Edição. (2002)

## Referências Bibliográficas

---

(Siemens) Siemens- Manual ET 200S distributed I/O Digital electronic module

(SGE, 2011) SGE: Sistema de gestão de energia - Requisitos com orientações para uso, 2011

(SAL, 2013) Sociedade da Água de Luso (SAL). [Em linha]. [Consult. 27 Dez. 2013]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.sociedadeagualuso.pt/>>.

(Sociedade da Água de Luso, 2002) Sociedade da Água de Luso, S.A.- Sociedade da Água de Luso, S.A, 1852-2002. Ed. Medialivros, S.A., 2002. ISBN 972-797-036-2